

Evolução Científico -Tecnológica e seu Contributo no Desenvolvimento Sustentável: Um Estudo com Alunos de Ciências Naturais

Verónica Sofia Salgado Azevedo

Mestrado em Ensino da Biologia e da Geologia no 3º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário

Departamento de Biologia e Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território

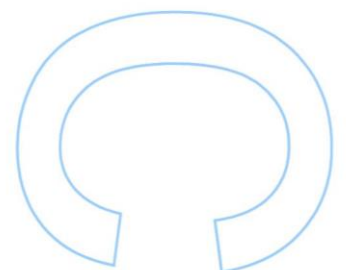
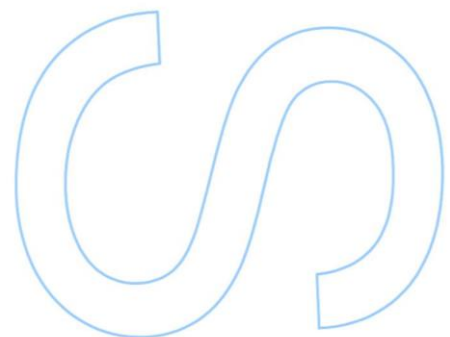
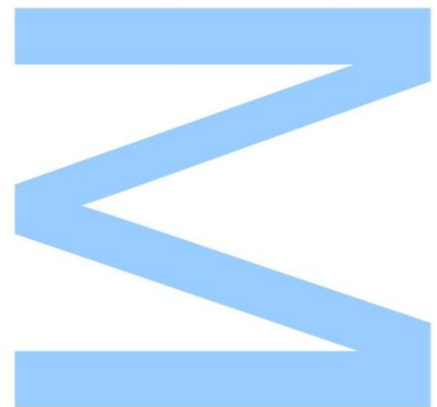
2016

Orientador

Prof. Clara Maria da Silva de Vasconcelos, Professora Auxiliar, Faculdade de Ciências

Orientador

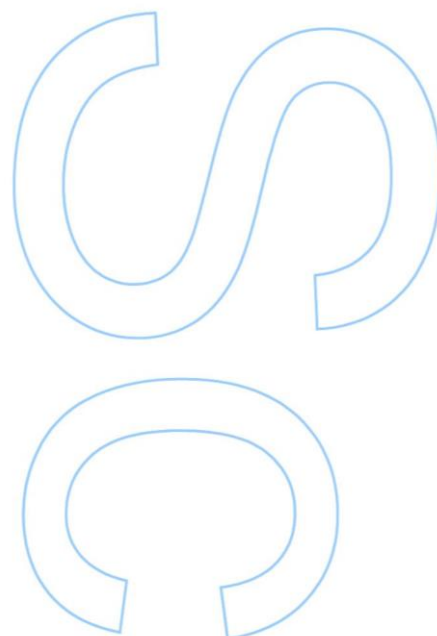
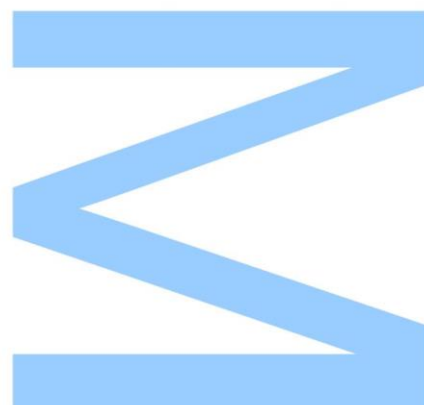
Prof. Luís Filipe de Sá Cesariny Calafate, Professor Auxiliar, Faculdade de Ciências





Todas as correções determinadas
pelo júri, e só essas, foram efetuadas.
O Presidente do Júri,

Porto, ____/____/____



AGRADECIMENTOS

Ao longo da elaboração deste Relatório de Estágio, contei com o apoio de várias pessoas que, de alguma forma e cada uma à sua maneira, me fizeram seguir em frente.

À Professora Clara e ao Professor Calafate, pela orientação, pelos ensinamentos e conselhos que me deram, não só na realização deste Relatório mas assim que ingressei neste Mestrado.

À Professora Sandra, minha orientadora cooperante, que me acolheu calorosamente desde o primeiro momento e me deu um apoio incondicional, incentivando-me a permanecer segura e a desenvolver competências profissionais essenciais à prática de docência. Hoje sei e sou mais graças a si!

Às minhas colegas de estágio e amigas, Bárbara e Liliana, pelas palavras de amizade, carinho e apoio que me deram durante esta jornada, especialmente naquele momento que mais precisei. Juntas, formamos uma grande equipa!

Aos meus meninos a quem dei explicações, a todos aqueles que já passaram por mim na Universidade Júnior, aos meus alunos da escola onde estagiei, por me fazerem crescer a nível profissional e pessoal, por me deixarem ajudar e por também me ensinarem coisas fantásticas.

Aos meus amigos Filipa, Márcia, Simão e Rita pela força que me deram e por terem acreditado em mim, dizendo sempre que eu ia conseguir, mesmo quando eu própria duvidava.

À D. Fátima que pela sua repentina partida me ensinou que a vida é breve e que não podemos adiar os momentos para sermos felizes...ainda bem que tive o privilégio de a conhecer e pode ter a certeza que vou cumprir o que prometi.

Aos meus pais que são um exemplo de humildade e por me ensinarem que é do trabalho sério e do esforço que alcançamos o sucesso.

À Tita e ao João por estarem comigo nos momentos bons e menos bons, dando-me um ombro amigo, por me fazerem rir e encarar a vida de forma mais leve.

Ao Tiago, por ter estado ao meu lado em todo o meu percurso académico e por ser o meu companheiro de todas horas. Acreditaste mais em mim do que eu própria, secaste-me as lágrimas nos momentos de desespero, fizeste-me rir quando teimava em estar com má cara, fizeste-me continuar a lutar pelo que queria, deste-me parte do teu otimismo e tornas-te o meu mundo melhor desde que entraste na minha vida. É ao teu lado que quero permanecer!

A todos, um sincero obrigado!

RESUMO

Várias são as evidências que demonstram que o desenvolvimento das sociedades ocorreu a par do desenvolvimento da ciência e da tecnologia. Foi graças ao progresso científico-tecnológico que surgiram as sociedades industriais modernas. Ao longo do tempo, devido a uma constante progressão ao nível da riqueza, da exploração e transformação dos recursos naturais, das taxas de crescimento populacional, da superprodução de alimentos, começou a existir uma forte pressão sobre o ambiente. Assim, perante um forte cenário de degradação ambiental, causado, muitas vezes, pela falta de informação e pelo mau uso das tecnologias, torna-se cada vez mais urgente definir estratégias para promover um desenvolvimento que seja, no verdadeiro sentido da palavra, sustentável. Deste modo, o avanço da ciência e da tecnologia, em prol de uma sociedade politicamente competente e ambientalmente educada, poderá ser um importante caminho para se desenvolverem programas viáveis, que torne possível a satisfação das necessidades das gerações atuais, sem comprometer a satisfação das necessidades das gerações futuras. Foi neste contexto que decidimos desenvolver este estudo, a fim de conhecermos a perceção dos alunos sobre os contributos científico-tecnológicos no desenvolvimento sustentável, segundo uma abordagem CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente). O estudo investigativo foi desenvolvido com alunos do 8º ano de escolaridade, na disciplina de ciências naturais, no âmbito do domínio *Sustentabilidade na Terra*. Foi definido um plano de estudo pré-experimental, o qual envolveu um único grupo de alunos. Inicialmente, foi aplicado um teste diagnóstico (pré-teste) com o objetivo de analisar as conceções prévias dos alunos, acerca da temática da gestão sustentável dos recursos naturais. Em seguida, foi implementado um programa de intervenção educativa, recorrendo à metodologia ABRP (Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas), integrada no Ensino Orientado para a Investigação. Por fim, para percebermos as aprendizagens dos alunos, após o programa interventivo, foi aplicado um teste de avaliação sumativo (pós-teste). Pela análise dos resultados obtidos, verificou-se uma subida de média do pré-teste para o pós-teste. Para percebermos se o contraste de médias era significativo, submetemos os dados ao Teste de Wilcoxon e obtivemos o valor de $Z=-4,458$ para o valor de $p=0,000$. Perante este valor de Z , para um nível de significância de 0,99 e intervalo de confiança de 99%, podemos afirmar que a nossa intervenção educativa permitiu uma aprendizagem significativa da temática, nos alunos envolvidos no estudo.

Palavras-chave: ciência, tecnologia, sociedade, ambiente, recursos naturais, gestão sustentável.

ABSTRACT

There are numerous evidences that show that the development of societies occurred alongside the development of science and technology. The scientific technological progress gave birth to the modern industrialised societies. Throughout times, the constant wealth progression, the exploration and transformation of the natural resources, the population growth rates and the overproduction of food resulted in a strong pressure over the environment. Thus, facing a strong environmental degradation scenario, many times caused by the lack of information and by the misuse of technology, it is urgent to define strategies to promote a development that is, in the true sense, sustainable. This way, the science and technology progress, in favor of a politically competent and environmentally educated society, could be an important path to develop viable programmes, so that the satisfaction of needs of present generations are possible, without compromising the ones of the future generations. It was in this context that we have decided to develop this case-study, so as to understand the students' perceptions about the scientific-technological contributions in the sustainable development, through the CTSA (Science, Technology, Society and Environment). The investigation study was developed with 8th year students, in Natural Sciences subject, on the theme *Sustainability on Earth*. A pre-experimental study plan was defined, involving only a group of students. In the beginning, they were given a diagnosis test (pre-test) to analyse the students' previous conceptions about the natural resources sustainable management. Then it was implemented an educational intervention programme, using the ABRP methodology (Problem Based Learning), present in the Orientated Teaching to Investigation. Lastly, to perceive the students' learning after the intervention programme, an evaluation test was applied (post-test). Through the analysis of the results there was an average increase of the pre- test to post-test. To understand if the average contrast was significant, submit the data to the Wilcoxon Test and obtained the value of $Z = -4.458$ for the value of $p = 0.000$. Against this Z value for a significance level of 0.99 and 99% confidence interval, we can say that our educational intervention allowed a significant learning of the theme in the students that were involved.

Key words: science, technology, society, environment, natural resources, sustainable management.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	iii
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
ÍNDICE	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABELAS E GRÁFICOS	ix
I - INTRODUÇÃO	1
I.1. Contexto Geral e Justificação do Estudo	1
I.2. Objetivos do Estudo	2
I.3. Questões de partida da investigação	3
I.4. Plano Geral do Estudo	3
II - ENQUADRAMENTO TEÓRICO DO ESTUDO	4
II.1. A máquina a vapor e a revolução industrial	5
II.2. Ciência, Tecnologia, Sociedade e seu impacto no desenvolvimento sustentável	8
II.3. Contributos da Biologia e da Geologia no desenvolvimento sustentável	13
II.3.1. A biorremediação e a geotecnologia na recuperação de áreas mineiras	14
III - CONTEXTUALIZAÇÃO EDUCACIONAL DO ESTUDO	32
III.1. A abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente no Ensino	32
III.2. Estratégias e recursos educativos	33
III.3. Implementação da intervenção	34

IV - METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO	36
IV.1. Estudo pré-experimental	36
IV.2. Caracterização da amostra	37
IV.3. Técnica e instrumentos de recolha e análise de dados	37
IV.3.1. Testagem	37
IV.3.2. Análise estatística	38
V - RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
V.1. Análise dos resultados do estudo	39
V.2. Discussão dos resultados do estudo	41
VI - CONCLUSÕES	42
VI. 1. Conclusões gerais do estudo	42
VI. 2. Limitações e sugestões para futuras investigações	42
VI. 3. Contributos do estudo para o desenvolvimento profissional	43
REFERÊNCIAS	44
APÊNDICES	49
Apêndice 1. Pré-teste da investigação	50
Apêndice 2. Pós-teste da investigação	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema representativo da máquina a vapor de Savery – Miner’s Friend.	5
Figura 2: Esquema representativo da máquina a vapor de Newcomen.	6
Figura 3: Representação da máquina a vapor de James Watt.	6
Figura 4: Fontes naturais (a verde) e fontes antrópicas (a vermelho) de emissão de CO ₂ para a atmosfera.	8
Figura 5: Atividades humanas e o desbaste das florestas.	8
Figura 6: Objetivos do desenvolvimento sustentável – agenda 2030.	10
Figura 7: <i>Triple Bottom Line</i> .	12
Figura 8: Mecanismos utilizados pelas plantas no processo de fitorremediação.	16
Figura 9: Esquema geral das etapas para definição e implementação de um processo de biorremediação.	17
Figura 10: Investigação científica, inovações tecnológicas e técnicas para remediação de zonas degradadas.	18
Figura 11: Evolução da recuperação da escombreira das minas de Jales (sinalizada a vermelho), levada a cabo pela empresa EDM. A) 2006; B) 2011.	20
Figura 12: Realização de um ensaio <i>in situ</i> com utilização de um equipamento portátil de análise por FRX (Analisador Ambiental NITON Série XLi 700).	21
Figura 13: Esquema representativo de uma análise por fluorescência de raios x: excitação-amostra-deteção.	21
Figura 14: Grupos de contaminantes do solo e dos sedimentos considerados pela EP.	22
Figura 15: Equipamento multiparamétrico Hach.	23
Figura 16: Técnica de lavagem de solo.	27
Figura 17: Técnica de extração do vapor do solo.	27
Figura 18: Esquema ilustrativo de um sistema de confinamento.	28
Figura 19: Técnica de vitrificação.	29
Figura 20: Esquema representativo do funcionamento de uma barreira reativa permeável.	30
Figura 21: Esquema representativo do funcionamento do método de separação eletrocinética.	30
Figura 22: Esquema do grupo único com pré e pós-teste.	36

ÍNDICE DE TABELAS E GRÁFICOS

Tabela 1: Cronograma da calendarização da investigação.	3
Tabela 2: Impactes do uso dos recursos geológicos.	14
Tabela 3: Tecnologias de remediação classificadas de acordo com o modelo concetual de contaminação.	25
Tabela 4: Técnicas de remediação classificadas de acordo com os processos tecnológicos envolvidos.	26
Gráfico 1: Fases da compostagem.	31
Tabela 5: Estatísticas descritivas relativas ao pré e pós-teste.	39
Tabela 6: Valor de Z para um nível de significância de $p < 0,001$.	40

I - INTRODUÇÃO

Este relatório de estágio, intitulado *Evolução Científico-Tecnológica e seu Contributo no Desenvolvimento Sustentável: Um Estudo com Alunos de Ciências Naturais*, foi realizado no âmbito da Iniciação à Prática Profissional (IPP), incluindo a Prática de Ensino Supervisionada (PES), contextualizada no 2º ano do Mestrado em Ensino da Biologia e da Geologia no 3º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário.

Sob orientação científica da Professora Clara Vasconcelos e do Professor Luís Calafate, ambos da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, e com a ajuda da orientadora cooperante Professora Sandra Ferraz, desenvolveu-se, na Escola Secundária Fontes Pereira de Melo, no ano letivo de 2015 / 2016, uma investigação do tipo estudo pré-experimental, com o objetivo de verificar qual a perceção dos alunos sobre os contributos científico-tecnológicos no desenvolvimento sustentável, antes e após uma intervenção educativa da temática, segundo uma abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade e Ambiente (CTSA).

I.1. Contexto Geral e Justificação do Estudo

O presente estudo foi desenvolvido com alunos do 8º ano de ciências naturais e, de acordo com as metas curriculares estabelecidas pelo Ministério da Educação e Ciência (MEC), para este ano de escolaridade, o mesmo está contextualizado no Domínio “Sustentabilidade na Terra”, no Subdomínio “Gestão sustentável dos recursos”, cujo objetivo geral é “relacionar o desenvolvimento científico e tecnológico com a melhoria da qualidade de vida das populações humanas”. Especificamente, o trabalho com os alunos incidiu nos seguintes descritores: (i) identificar exemplos de desenvolvimento científico e tecnológico na história da ciência; (ii) inferir os impactos da exploração e da transformação dos recursos naturais; (iii) propor medidas que visem diminuir os impactos da exploração e da transformação dos recursos naturais; (iv) discutir os contributos do desenvolvimento científico e tecnológico para o desenvolvimento sustentável.

Atualmente, vários são os estudos que revelam a importância da abordagem da natureza da ciência na própria formação inicial de professores e, consequentemente, no ensino das ciências. A história da ciência evidencia que a construção do conhecimento é fruto de um empreendimento cultural e social de exigente imaginação e criatividade, sendo que política, economia e tecnologia são importantes contextos que influenciam todo o processo. Como refere Branchi (1999), “o século XVIII é um período de grandes transformações políticas, sociais e culturais durante o qual se afirma

uma nova perspetiva da realidade que vê na razão – as luzes, o instrumento para esclarecer e iluminar os homens, libertando-os das trevas da ignorância e da superstição” (Branchi, 1999, p.8).

Sobre a natureza da ciência, há ainda a referir a importância da perspetiva CTSA (Ciência-Tecnologia-Sociedade e Ambiente) no ensino, uma vez que, é inevitável pensar no impacto que o desenvolvimento científico-tecnológico tem na sociedade e no ambiente. As ligações que se estabelecem entre o Homem, a natureza, a ciência e a tecnologia devem ser realçadas, pois, como sugere Miller, (citado por Carvalho, 2001) a relação entre o nível de alfabetização científica da população e as possibilidades de participação da mesma, nas decisões relacionadas com políticas científicas e ambientais, é condição necessária para um projeto desta natureza numa sociedade democrática. É também nesta perspetiva que se insere o conceito de desenvolvimento sustentável, (conceito que será explicitado mais à frente, no capítulo II.2), pois este, de maneira geral, diz respeito ao impacto das atividades económicas sobre o ambiente, à superação das disparidades entre os países ricos e os países pobres do mundo e à sofisticação das necessidades básicas das gerações atuais, sem delapidar os recursos da Terra, de tal forma, que as gerações futuras fiquem impedidas de os utilizar.

Deste modo, pelo que foi mencionado anteriormente e pela importância e pertinência de uma sociedade com nível satisfatório de literacia científica e tecnológica, para a promoção do desenvolvimento sustentável, pretendemos, primeiramente, diagnosticar o conhecimento dos alunos sobre este assunto, de seguida, ensinar aos alunos o conceito de desenvolvimento sustentável e os contributos científico-tecnológicos para esse efeito, tendo em conta a perspetiva Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) e, por último, avaliar os conhecimentos que os alunos construíram durante a nossa intervenção educativa.

I.2. Objetivos do Estudo

Tendo em conta o contexto científico-educacional do Estudo, os objetivos gerais que nos propusemos atingir, no decorrer da investigação, foram os seguintes:

- Diagnosticar nos alunos contributos científico-tecnológicos para o desenvolvimento sustentável.
- Ensinar aos alunos contributos científico-tecnológicos para o desenvolvimento sustentável.
- Recorrer a um ensino seguindo uma abordagem CTSA.
- Inferir o contributo da investigação na potenciação das competências profissionais do docente.

I.3. Questões de partida da investigação

Dada a contextualização científica e didática e o tipo de metodologia a aplicar, o problema que orientou a investigação foi: **Qual a percepção dos alunos sobre os contributos científico-tecnológicos no desenvolvimento sustentável, antes e após a lecionação do tema, segundo uma abordagem CTSA?**

A metodologia da investigação desenvolvida, e que será apresentada no capítulo IV, foi um estudo pré-experimental. Como tal, a hipótese nula (H0) e a hipótese direcionada (H1) definidas para o nosso estudo foram:

H0: A lecionação da temática segundo uma abordagem CTSA não tem implicações na aprendizagem dos alunos.

H1: A lecionação da temática segundo uma abordagem CTSA tem implicações significativas na aprendizagem dos alunos.

I.4. Plano Geral do Estudo

A investigação foi desenvolvida ao longo do ano letivo de 2015 / 2016, de acordo com o seguinte cronograma (ver tabela 1), que esquematiza as diferentes fases e duração relativa das mesmas.

Tabela 1: Cronograma da calendarização da investigação.

	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.
Fase 1: Pesquisa Bibliográfica						----	----	----	---
Fase 2: Construção e Validação dos instrumentos									
Fase 3: Aplicação dos instrumentos / Intervenção educativa									
Fase 4: Recolha e análise dos dados									
Fase 5: Redação do Relatório de Estágio		----	----						

A pesquisa bibliográfica foi iniciada logo após a escolha do tema. A segunda fase consistiu na construção e validação dos instrumentos a aplicar, nomeadamente, um teste diagnóstico (pré-teste) e um teste de avaliação sumativo (pós-teste). A fase de aplicação dos instrumentos / intervenção educativa (que será descrita no capítulo III deste relatório) decorreu num período de tempo relativamente curto: numa primeira aula, foi aplicado o teste diagnóstico (pré-teste), nas duas aulas subsequentes, foi realizada a intervenção educativa, e numa última aula foi aplicado o teste de

avaliação sumativo das aprendizagens (pós-teste), sendo que todas as aulas tiveram a duração de 50 minutos. Na fase posterior, todos os dados recolhidos foram tratados e devidamente analisados. No que respeita à redação do relatório de estágio, a mesma decorreu desde janeiro a junho, sendo transversal a todas as outras fases.

II – ENQUADRAMENTO TEÓRICO DO ESTUDO

Para Pasquale (1999), o nascimento da ciência e da tecnologia surge, sobretudo, pelo processo da transformação de recursos da natureza, pela mão do homem e, assim sendo, a ciência assenta num património de conhecimentos que se foi formando, inicialmente, para resolver os problemas que constituíam obstáculos para o desenvolvimento. Pasquale (1999) refere ainda que, o homem, ao associar diferentes processos técnicos, conseguiu realizar operações cada vez mais complexas. Assim, por exemplo, as primeiras pesquisas biológicas surgiram em atividades como a caça, a criação e a domesticação de animais, o cultivo e seleção das plantas. É de salientar que a invenção da escrita teve um grande impacto na história da ciência e da tecnologia, pois ao facilitar a circulação de saberes, influenciou a difusão do conhecimento e propiciou o nascimento das primeiras civilizações.

Como refere Stefani (1999), durante os séculos XVI e XVII verificaram-se inovações e descobertas que transformaram a relação do homem com o mundo e, no âmbito do conhecimento da natureza, a ciência foi ocupando gradualmente o lugar da magia. A revolução científica do século XVII, em especial o desenvolvimento da ciência experimental, foi um desabrochar de novas mentalidades e no século XVIII surgiram inovações tecnológicas que mudaram as condições de vida de milhões de pessoas. Gonçalves (2000) diz que, a idealização de uma cultura da ciência superior, contrastada com a “incultura dos seres terrenos”, não impediu que as descobertas científicas fossem difundidas para além das fronteiras da comunidade científica, pelo menos desde o século XVII, época caracterizada pela criação das primeiras academias de ciências (Gonçalves, 2000, p.2). Assim, facilmente se entende que ciência, tecnologia, sociedade e ambiente sempre coexistiram e foram evoluindo contextualizadas pela época e pelas políticas vigentes. Perceber estas interligações, que surgiram naturalmente pela ação humana, é um caminho importante para fomentar o conceito de desenvolvimento sustentável da Terra.

II.1. A máquina a vapor e a Revolução Industrial

Um dos maiores exemplos da relação Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, ao longo da história, está representado pelo grande fenómeno da revolução industrial do século XVIII. O grande “motor” desta revolução foi um importante recurso natural: o carvão. O carvão fóssil foi usado como combustível desde a antiguidade e, segundo Branchi (1999), já no século XIII, em Londres, o carvão era utilizado em quantidades tão elevadas que foi necessário limitar a sua utilização para não empestar o ar da cidade. Contudo, a era do carvão só começou com a invenção da máquina a vapor, que permitiu a construção de bombas eficazes para esvaziar as minas das infiltrações da água.

Em 1678, Thomas Savery, engenheiro militar nascido em Inglaterra, construiu uma bomba que aproveitava o vácuo, produzido pela condensação do vapor, para aspirar a água que frequentemente alagava as minas. A máquina, chamada Miner’s Friend (ver figura 1) era, no entanto, muito perigosa e pouco eficaz, uma vez que, para aspirar a água do fundo das minas, necessitava de mais pressão quanto maior era a profundidade e as explosões eram frequentes.

A máquina de Savery tinha um rendimento extremamente baixo: transformava em trabalho útil menos de 1% do calor produzido na combustão do carvão. Prestava preciosos serviços nas minas, porque aí o carvão estava facilmente acessível e existia em grandes quantidades, mas para utilização doméstica tornava-se bastante dispendiosa e, além disso, a sua potência não lhe permitia elevar água senão a alguns metros.

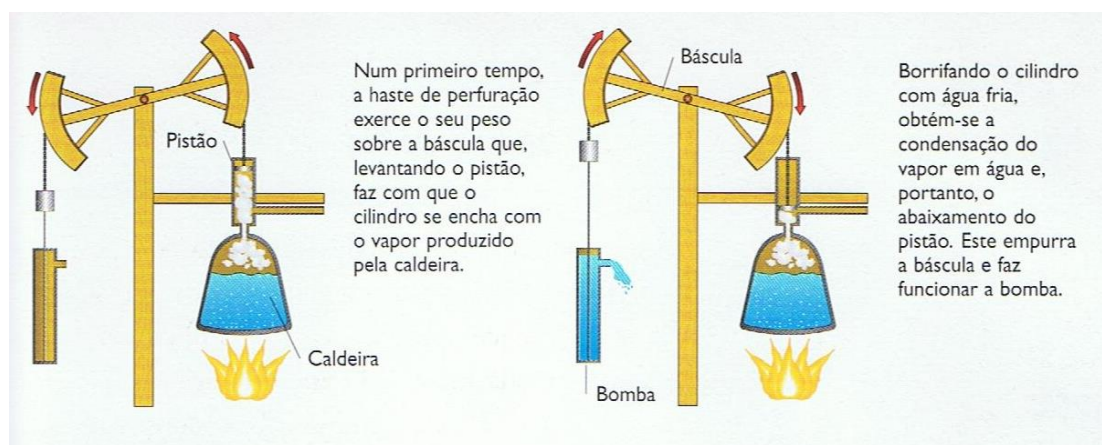


Figura 1: Esquema representativo da máquina a vapor de Savery – Miner’s Friend.

(Extraído de: Branchi, A., 1999, p.39).

Em 1712, Thomas Newcomen inventou uma nova máquina a vapor, denominada por máquina a vapor atmosférico de Newcomen (ver figura 2). Segundo Branchi (1999), esta máquina utilizava vapor a baixa pressão para acionar um pistão, que não aderiu perfeitamente às paredes do cilindro como quando era utilizado vapor a pressão elevada. Assim, esta máquina era menos perigosa mas

era lenta e pouco eficaz. Apesar do seu sucesso, também gastava grandes quantidades de combustível, mas foi usada durante meio século por mineiros.

Em 1763, o escocês James Watt, devido à sua experiência como fabricante de instrumentos de precisão na Universidade de Glasgow, teve a oportunidade de consertar uma máquina a vapor atmosférico de modelo Newcomen. Watt constatou que era dispendioso aquecer, arrefecer e voltar a aquecer a mesma câmara e, assim sendo, criou um condensador onde a temperatura do vapor deveria ser baixa e do cilindro permanecer elevada, pois o vapor devia arrefecer bruscamente durante a expansão. Ao obter os seus resultados, Watt projetou uma máquina com um condensador separado, no qual era arrefecido o vapor proveniente do cilindro principal. Assim, a temperatura do cilindro podia ser mantida constante, reduzindo o consumo de combustível e o tempo de trabalho (Takeda, 2012).

Em 1781, Watt concebeu também ligações mecânicas para um movimento giratório do pistão (ver figura 3) para este avançar e recuar, de modo a utilizar a máquina a vapor para outras atividades e fazer funcionar outras máquinas (Branchi, 1999).



Figura 2: Esquema representativo da máquina a vapor de Newcomen.
 (Extraído de: G.E.M.B, 2010).

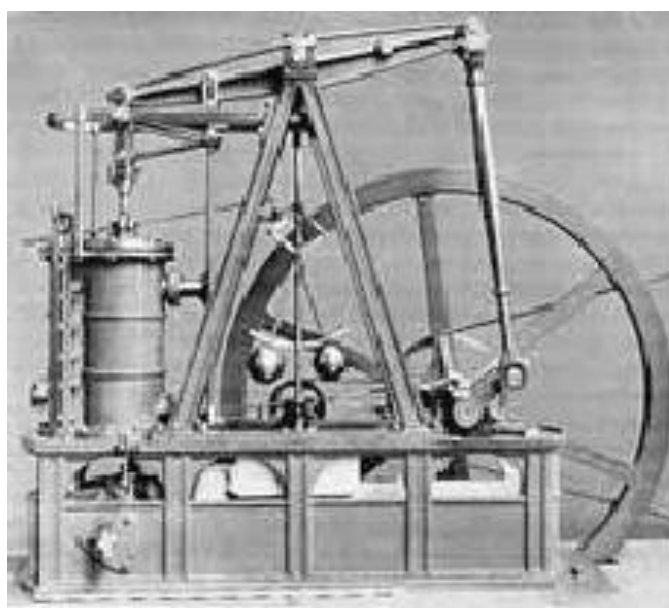


Figura 3: Representação da máquina a vapor de James Watt.
 (Extraído de: Explicatorium, n.d).

O desenvolvimento da máquina a vapor contribuiu, intrinsecamente, para a expansão da indústria moderna. É fácil pensar que, sem a máquina a vapor, o grande fenómeno denominado por “revolução industrial”, com início em Inglaterra, não teria acontecido com as extraordinárias proporções que tão bem são conhecidas, ou seja, o sistema fabril não teria grande importância sem o aperfeiçoamento da máquina a vapor. A revolução industrial teve então início no século XVIII, em Inglaterra, com a mecanização dos sistemas de produção. O facto de se ter iniciado na Inglaterra

pode ser explicado por vários fatores: este país possuía grandes reservas de carvão mineral no seu subsolo (principal fonte de energia para movimentar as máquinas e as locomotivas a vapor); existiam também neste país, grandes reservas de minério de ferro (principal matéria-prima utilizada neste período); a mão-de-obra disponível era abundante e, por último, a burguesia inglesa nesta época, segundo os historiadores, era detentora de forte capital para financiar as fábricas. Apesar do foco inicial ter ocorrido na Inglaterra, a produção massiva passou, lentamente, a espalhar-se por toda a Europa. Esta difusão resultou, entre outras coisas, do aperfeiçoamento das técnicas extrativas e da criação de locomotivas e embarcações rudimentares, alimentadas pela energia a vapor. A revolução industrial foi um processo influenciado pelo avanço científico-tecnológico da época mas também influenciou imensamente a sociedade, o ambiente e a difusão da própria ciência.

As inovações tecnológicas e o aperfeiçoamento da máquina a vapor por parte de James Watt, contribuíram para a criação de novas formas de produção e, como refere Miranda (2012), “a revolução industrial, fomentada pelo espírito capitalista, modificou toda a estrutura económica e social da Europa e, por conseguinte, de todo o mundo.” (Miranda, 2012, p.1). A par do decorrer deste avanço tecnológico, a cultura científica começou a difundir-se e Gonçalves (2000) refere que, nos finais do século XVIII e no século XIX, neste contexto de revolução industrial, os cientistas foram chamados a responder a uma procura popular crescente, numa Europa fascinada pelas “maravilhas da indústria” e que as origens da popularização da ciência ficaram associadas à descoberta e à explicação, sendo que a instrução dos “outros” sobre as descobertas científicas possuía um carácter essencialmente cultural e limitada às elites (Gonçalves, 2000, p.2).

Foi também a partir deste período que a poluição passou a ter impacto direto na sociedade em geral. É certo que já existia poluição antes da revolução industrial, contudo, a partir daqui, o grau aumentou muito com a industrialização e urbanização, e a sua escala deixou de ser local para se tornar mundial, pois, entre outras coisas, foi a partir deste período que a exploração dos recursos naturais e a poluição do ar atmosférico se intensificaram. Como tal, as preocupações com o ambiente também começaram a tomar outras proporções. A Agência Portuguesa do Ambiente (2005), no seu guia de exposição *O futuro do nosso clima: o Homem e a Atmosfera*, enuncia que as emissões de dióxido de carbono começaram “cedo” mas foi com a revolução industrial que se deu o grande crescimento das emissões de dióxido de carbono, e desde essa altura, temos vindo a verificar um forte aumento da concentração deste gás, bem como de outros gases de efeito de estufa (GEE) na atmosfera, ou seja, as atividades humanas acabaram por alterar o ciclo natural do carbono. Pela observação da figura 4, podemos verificar que, apesar de existirem fontes naturais de emissão de CO₂ para a atmosfera, como as erupções vulcânicas e a respiração dos seres vivos, o homem contribui, massivamente, para a libertação de grandes quantidades deste gás, através das indústrias, dos incêndios que provoca, da queima de combustíveis fósseis, entre outros.

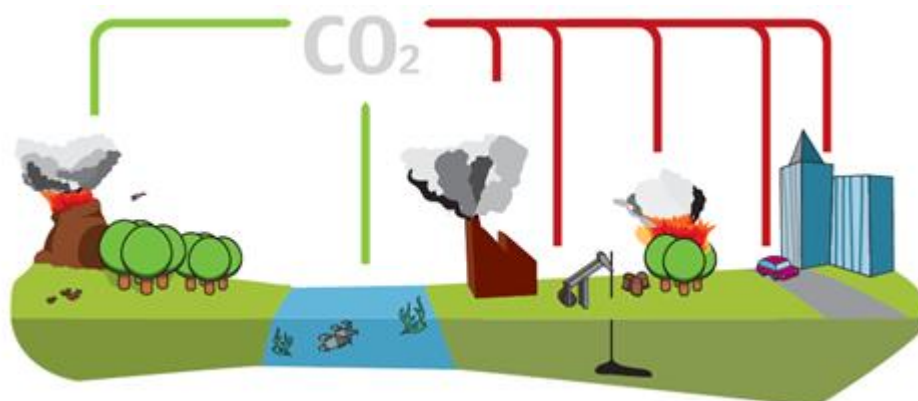


Figura 4: Fontes naturais (a verde) e fontes antrópicas (a vermelho) de emissão de CO₂ para a atmosfera.

(Adaptado de: Agência Portuguesa do Ambiente, 2005).

II.2. Ciência, Tecnologia, Sociedade e seu impacto no desenvolvimento sustentável

A revolução industrial, no século XVIII, mudou a forma como o homem passou a aproveitar os recursos naturais da Terra. A industrialização dos processos e a criação de máquinas deu origem à produção em massa e, conseqüentemente, ocorreu um crescimento exponencial das populações e das economias. Este crescimento foi progredindo e, segundo Collini (1999), o século XIX foi, muitas vezes, caracterizado como o Século da Ciência e da Tecnologia, uma vez que, as máquinas, expressão do grande desenvolvimento tecnológico da época, simbolizaram o triunfo do saber científico, e a vida quotidiana foi realmente revolucionada pelas conquistas científicas. Contudo, o século XX é considerado o Século da Ciência e, segundo Fraioli (1999), nenhum outro período foi tão rico de descobertas científicas e nunca a vida do ser humano mudou tão rapidamente, pois a tecnologia melhorou a vida de milhões de pessoas e a Ciência modificou a própria conceção do homem sobre si próprio e o seu papel no Universo. Mas Fraioli (1999) refere ainda que, os avanços científico-tecnológicos também começaram a tornar claro que, as atividades humanas causadoras da emissão de substâncias poluentes e desflorestação excessiva (ver figura 5) colocavam em perigo os delicados equilíbrios que regulam a vida no planeta.

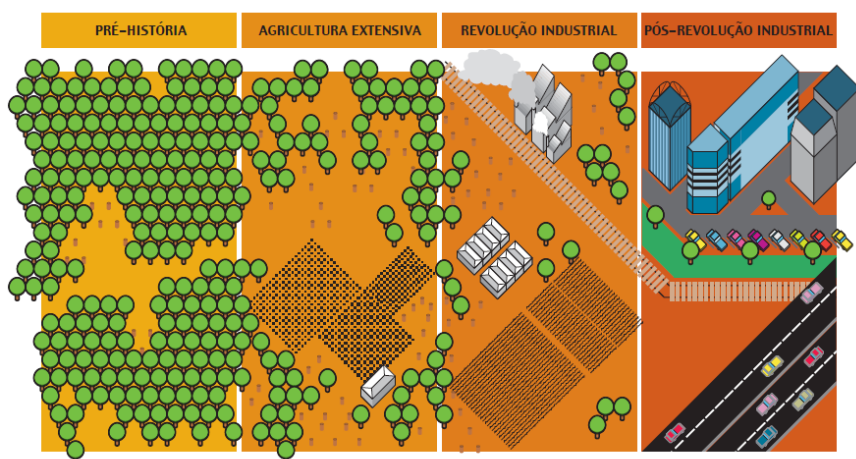


Figura 5: Atividades humanas e o desbaste das florestas.

(Extraído de: Agência Portuguesa do Ambiente, 2005).

Começaram a existir estudos sobre os desequilíbrios causados pelas ações humanas, e o trabalho dos cientistas levou à evidência de que, a Ciência suscitava diferentes pontos de vista (subjetividade) e um dinamismo relevante. A título de exemplo temos a hipótese de Gaia de Lovelock. Segundo Rodrigues (2009), desde a sua formulação inicial no final da década de 1960, esta hipótese suscitou as mais variadas reflexões, desafiando alguns pressupostos sobre a evolução e sobre a relação da vida na Terra com o ambiente. Lovelock exercia funções de consultor da NASA durante os anos 60 do século XX e, ao mesmo tempo, trabalhou no projeto *Viking*, cujo objetivo era estudar a hipótese de alguma vez ter existido ou ser possível vida em Marte. Rodrigues (2009), refere que para investigar esta questão, Lovelock teve que se debruçar e examinar aquilo que sustentava a vida na Terra e, recorrendo à sua competência de químico da atmosfera, encontrou a resposta e argumentou que “todas as formas de matéria viva na Terra, desde as baleias ao vírus, desde os carvalhos às algas, podem ser vistas como partes constituintes de uma única entidade viva, capaz de manipular a atmosfera terrestre de forma a adequá-la às suas necessidades globais e dotada de faculdades e capacidades muito superiores à daquelas partes constituintes” (Lovelock citado por Rodrigues, 2009, p.41). Inicialmente, muitos ambientalistas da época apoiaram a hipótese de Gaia, todavia, começou a existir uma certa relutância a esta hipótese, uma vez que, a mesma não atribuía relevância à espécie humana, ou seja, “a hipótese de Lovelock não era suportada por dados científicos sobre o impacto real da ação do homem sobre a Natureza” (Fraiooli, 1999, p.85). Em contrapartida, Lovelock considerava que, embora a devastação causada pelo desenvolvimento industrial e tecnológico moderno pudesse tornar-se destrutiva para a humanidade, este processo não poderia ameaçar a vida de Gaia no seu todo e, reconhecendo a sua pouca preocupação com a humanidade no âmbito de Gaia, o autor da hipótese referia mesmo que o seu trabalho “não [era] primariamente sobre pessoas, gado e animais domésticos; [era] sobre a biosfera e sobre a magia da mãe Terra” (Lovelock citado por Rodrigues, 2009, p.42). Lovelock era firme quanto às suas convicções e quando começaram a surgir estudos sobre os compostos sintéticos clorofluorcarbonetos (CFC) e sua influência na vida dos ecossistemas, voltou a afastar os receios ambientalistas de que os CFC antropogénicos pudessem ter algum impacto na destruição do ozono estratosférico, defendendo o seu ponto de vista ao afirmar que o cloreto de metileno, produzido nos oceanos destrói o ozono tal como o fazem os CFC e, por isso, demasiado ozono era para Gaia tão perigoso como a sua carência. Contudo, em 1988, Lovelock reconheceu, por fim, que poderia ter-se enganado quando se opôs aos que queriam legislar a redução da utilização de CFC nos *sprays*, nos frigoríficos e nos aparelhos de ar condicionado (Rodrigues, 2009, p.43). A minimização do problema por parte de Lovelock é um exemplo sublime de que, por vezes, os cientistas ignoram certos dados por serem totalmente convictos nas suas investigações e, segundo Rodrigues (2009), casos como este evidenciam a subjetividade limitante da ciência, demonstrando a sua suscetibilidade a pressões sociais, políticas e até mesmo psicológicas, sendo que, “**o diálogo entre**

ciência e sustentabilidade é pois um dos aspetos fundamentais no quadro da definição e implementação das políticas” (Rodrigues. 2009, p.43).

Segundo a Agência Portuguesa do Ambiente (2015), a mais evidente preocupação com o estado do ambiente ocorreu pela primeira vez em 1972, na Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano (CNUAH), e dos trabalhos desta conferência nasceu a Declaração do Ambiente. Em 1983, o secretário-geral das Nações Unidas solicitou a Gro Harlem Brundtland (política, diplomata e médica norueguesa que se tornou líder internacional em desenvolvimento sustentável e saúde pública) a criação da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, que visava abordar e analisar criticamente questões de proteção ambiental e de desenvolvimento. Em 1987, foi lançado o relatório *Our Common Future*, que mais tarde ficou conhecido pelo Relatório de Brundtland, e assim surgiu, pela primeira vez, a expressão desenvolvimento sustentável: capacidade da humanidade para garantir a satisfação das necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das gerações futuras, satisfazerem as suas necessidades próprias (WCED, 1987).

É importante salientar, no entanto, o que tem sido feito, atualmente, para promover o modelo global relativo ao desenvolvimento sustentável. Em setembro de 2015, numa cimeira da ONU, decorrida em Nova Iorque, foram definidos 17 objetivos de desenvolvimento sustentável (ver figura 6). Esses objetivos tiveram como base os progressos e lições aprendidas com os 8 objetivos de desenvolvimento do milénio, entre 2000 e 2015. Assim, como resultado do trabalho conjunto de governos e cidadãos foi criada a agenda 2030. Esta agenda consiste no plano da ONU para transformar o Mundo, até 2030 e, de maneira geral, a mesma incorpora e descreve, pormenorizadamente, ações “para acabar com a pobreza, promover a prosperidade e o bem-estar de todos, proteger o ambiente e combater as alterações climáticas” (Centro Regional de Informação das Nações Unidas, 2015).



Figura 6: Objetivos de desenvolvimento sustentável – agenda 2030.

(Extraído de: Centro Regional de Informação das Nações Unidas, 2015).

Os objetivos e metas estimularão a ação, até 2030, em áreas de importância crucial para a humanidade, para o planeta e para a prosperidade. Tendo em conta que a satisfação das nossas necessidades depende dos recursos naturais, a exploração mineira, por exemplo, causa a produção de muitos resíduos mas deve ser realizada de acordo com alguns dos objetivos propostos na agenda 2030, nomeadamente o objetivo 1: erradicar a pobreza; o objetivo 12: produção e consumo sustentáveis; o objetivo 14: proteger a vida marinha e o objetivo 15: proteger a vida terrestre, para que os impactes ambientais inevitáveis sejam minimizados.

Outra ação que está a ser desenvolvida no âmbito da sustentabilidade é a Estratégia Cidades Sustentáveis 2020, aprovada pelo Conselho de Ministros de 16 de Julho de 2015, e que está articulada com o programa horizonte 2020. Em breve definição, o horizonte 2020 é um programa de investigação e inovação da União Europeia (UE), apoiado a nível político pelos dirigentes europeus e pelos membros do parlamento europeu, que visa a ampliação de descobertas, avanços e lançamentos mundiais, com o objetivo de transferir ideias inovadoras do laboratório para o mercado. Deste modo, é um programa que, entre outros aspetos, se caracteriza pela excelência científica, liderança industrial e pela estreita relação entre a ciência e sociedade (Direção-Geral da Investigação e da Inovação, 2014). Neste contexto, a Estratégia Cidades Sustentáveis 2020 trata-se de uma política de natureza transversal, pela abrangência das temáticas urbanas e pela confluência de competências administrativas de múltiplos agentes, já que “o desenvolvimento urbano sustentável depende da promoção de soluções competitivas e de cidades inteligentes, vividas, habitadas, atrativas” (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, 2015).

Como se sabe, atualmente, as cidades concentram a maioria da população, das atividades económicas e da riqueza e, por isso, é o espaço que privilegia a dinamização do crescimento económico e do emprego, da competitividade e inovação. Por estas razões, torna-se imperativo o reforço da sustentabilidade do modelo de desenvolvimento urbano, potenciando a base dos recursos endógenos, promovendo a eficiência dos seus subsistemas (energia, mobilidade, água e resíduos) e melhorando a capacidade de resposta aos riscos e aos impactes. Um dos eixos estratégicos deste programa é a Sustentabilidade & Eficiência. Assim, em termos práticos, esta estratégia traduz-se na regeneração e reabilitação urbana, na promoção e dinamização do mercado habitacional, no reforço à sustentabilidade ambiental, na redução da intensidade energética, na compreensão dos riscos e monitorização de mecanismos de prevenção, redução, adaptação e reação e na articulação entre as cidades e a sua envolvente rústica. Como se pode constatar, tal como foi dito anteriormente, apenas com a articulação de esforços provenientes de várias entidades e dos próprios cidadãos, é que se podem atingir os objetivos traçados. Na visão da Estratégia Cidades Sustentáveis 2020, o trabalho deve ser dirigido para criar cidades mais conectadas, justas, saudáveis, resilientes e prósperas. Desta forma, pode-se dizer que para uma cidade ser sustentável, todo o espaço depende de diagnóstico, seleção de prioridades e estabelecimento de metas. A título de exemplo sobre cidades sustentáveis temos a cidade Vitoria-Gasteiz, situada no norte de

Espanha. Esta cidade foi a vencedora do título "Capital Verde Europeia" em 2012. Para conseguir este posto, a cidade espanhola iniciou um conjunto de ações concretas em prol da sustentabilidade. A boa gestão de resíduos, a mobilidade que privilegia pedestres e ciclistas e a descentralização de serviços básicos, foram algumas das ações que conferiram o prémio a esta cidade. Além disso, 99% da população tem acesso a serviços básicos, como saúde, escola, alimentação, cultura e lazer num raio de até 300 metros de suas casas. Esta proximidade, naturalmente, evita que as pessoas se desloquem muito de carro e incentiva o uso de autocarros, bicicletas ou caminhadas.

Uma outra cidade espanhola que pratica ações no que respeita à sustentabilidade é a cidade de Girona. Neste contexto, todos os sítios possíveis são aproveitados para fazer sementeiras (inclusivamente os tetos dos autocarros). Deste modo, as plantas tornam a cidade mais agradável, mas sobretudo, absorvem o dióxido de carbono (diminuindo o efeito de estufa) e fixam os poluentes da atmosfera.

Não raras as vezes, ouvimos falar em desenvolvimento sustentável e sustentabilidade indistintamente e não se sabe bem quando aplicar o primeiro ou o segundo conceito. Assim, importa perceber que os dois conceitos estão interligados e que vários autores abordam-nos de acordo com a sua perspetiva e, por isso, existem várias interpretações do significado desses conceitos. Contudo, de maneira geral, “desenvolvimento é um processo social complexo, algo que está a acontecer de determinada forma, sendo que, se o desenvolvimento se fizer em direção ao ideal da sustentabilidade então pode dizer-se desse desenvolvimento que ele é sustentável”. Por outro lado, a sustentabilidade “deve-se à revelação dos princípios da sustentabilidade numa dada sociedade e num dado momento do tempo” (Rodrigues, 2009, p.143). Associado ao conceito de desenvolvimento sustentável (e mais uma vez como prova das diferentes interpretações a que lhe dizem respeito), existe o tão conhecido conceito *Triple Bottom Line* (TBL), de John Elkington, onde são definidos três importantes pilares de referência: Capital Humano (*People*), Capital Natural (*Planet*) e o Capital Económico (*Profit*), ou seja, pilar social, pilar ambiental e pilar económico. Muitas vezes, é defendido que apenas com a integração e com o equilíbrio entre estes três valores, é possível um desenvolvimento sustentável (ver figura 7).



Figura 7: *Triple Bottom Line*.
 (Extraído de: Ecotech Institute, 2014).

II.3. Contributos da Biologia e da Geologia no desenvolvimento sustentável

Como temos vindo a demonstrar ao longo deste trabalho, o avanço científico e tecnológico fez-se sentir abruptamente na vida das pessoas ao longo da história. Se, por um lado, esse avanço contribui positivamente para a melhoria das condições de vida do ser humano, por outro lado, sempre que a ciência e a tecnologia foram mal utilizadas, surgiram vastos e graves problemas para o nosso planeta, que afetaram a biosfera e prejudicaram o próprio ser humano. Contudo, é a esse mesmo avanço que recorremos constantemente para entender os processos decorrentes na natureza e, conseqüentemente, refletir sobre a minimização dos prejuízos da atividade antrópica, criando condições para um desenvolvimento sustentável. Deste modo, para vários autores, a cultura científica das sociedades é irreversivelmente importante para que o desenvolvimento ocorra de forma sustentada e que não ocorram decisões precipitadas por parte de entidades que estão diretamente ligadas às tomadas de decisão.

Para Gonçalves (2000) a cultura científica deve ser entendida num sentido mais amplo do que o tradicional. Isto é, além das pessoas entenderem os conceitos, as teorias e os métodos científicos, “a cultura científica deverá ser concebida também como a capacidade de perceber e de lidar com a ciência e as aplicações tecnológicas nos vários contextos em que elas se tornam relevantes para o cidadão” (Gonçalves, 2000, p.5).

A Biologia e a Geologia são áreas científicas com enorme importância para que seja possível alcançar um desenvolvimento sustentável. Como refere Rodrigues (2009), “em diálogo com disciplinas como a geologia e a geomorfologia, as escolas da biologia cruzam frequentemente dados destas áreas do saber, designadamente paleontológicos e estratigráficos que, ora confirmam ora refutam, as hipóteses científicas formuladas” (Rodrigues, 2009, p.24). No entanto, a relação entre estas duas áreas científicas pode ser compreendida num sentido mais amplo já que é evidente que todos os subsistemas terrestres são interdependentes uns dos outros, apresentando uma complexa rede de interações. Em consequência, compreender todo o dinamismo interdisciplinar é fundamental para que ocorram implementações técnico-científicas viáveis e devidamente contextualizados no meio. A título de exemplo, percebe-se facilmente que a relação entre a Biologia e a Geologia pode resultar num caminho positivo para alcançar difíceis objetivos, como a exploração dos recursos geológicos de forma sustentável, a minimização dos impactes da exploração e a recuperação das áreas mineiras.

II.3.1. A biorremediação e a geotecnologia na recuperação de áreas mineiras

O consumo de recursos que obtemos da natureza está intimamente relacionado com o bem-estar social. Contudo, para existir o tal “consumo”, é necessário refletir na forma como ocorre a exploração, o transporte e transformação e a utilização desses recursos, bem como nos impactos negativos que surgem ou poderão surgir em função de cada uma dessas etapas (ver tabela 2), para que os mesmos possam ser remediados ou evitados.

Tabela 2: Impactes do uso dos recursos geológicos.
 (Adaptado de: Canha, Delgado & Trinca, 2014, p.181)

Etapas	Impactes negativos
Exploração	Alterações na paisagem natural Produção de ruído Ocorrência de acidentes Desenvolvimento de doenças nos trabalhadores Produção de poeiras Contaminação de águas e solos com produtos tóxicos Destruição de habitats
Transporte e Transformação	Derrames acidentais Produção de ruído e cheiros desagradáveis Produção de resíduos perigosos Contaminação do ar, da água e dos solos
Utilização	Produção de gases com efeito de estufa Produção de resíduos difíceis de eliminar Contaminação do ar, da água e dos solos

Segundo Martins (2011), nos últimos anos, a indústria extrativa tem vindo a tomar uma nova postura (apoiada política e governamentalmente) englobando todo o ciclo de vida das matérias-primas: desde a prospeção e encerramento, até à reutilização. Assim, a questão do acesso aos recursos naturais no ordenamento do território, tem promovido uma crescente importância, abarcando uma perspetiva global e integrada, “tendo como modelo o conceito de desenvolvimento sustentável e com o objetivo de repor o equilíbrio entre os pilares económico, social e ambiental que o sustenta” (Martins, 2011, p.77).

Da exploração mineira resultam, inevitavelmente, grandes quantidades de resíduos (sobretudo sólidos ou líquidos). As escombreyas de produtos “estéreis” provenientes da extração, a contaminação do solo e a circulação de efluentes líquidos com fortes elementos poluidores, são exemplos de problemas graves e preocupantes, causadores de potenciais riscos para os ecossistemas e para a saúde pública.

Segundo Bobos *et al.*, (2010), a implementação de tecnologias ambientais para o tratamento e recuperação de áreas mineiras abandonadas, tem tido um grande desenvolvimento em vários países da Europa, com forte tradição mineira. Em Portugal, o primeiro projeto de recuperação ambiental de áreas minerais incidiu na escombreira da mina de Jales, projeto esse, levado a cabo pela Empresa de Desenvolvimento Mineiro (EDM).

Uma das tecnologias ambientais que tem vindo a ser muito utilizada para a recuperação de áreas mineiras degradadas é a biorremediação. Esta biotecnologia, que utiliza seres vivos (bactérias, fungos e plantas) para remover ou reduzir (remediar) poluentes do ambiente, tem sido intensamente estudada e recomendada pela comunidade científica como uma alternativa viável para o tratamento de ambientes contaminados, tais como águas superficiais, subterrâneas e solos, além de resíduos e efluentes industriais em aterros, áreas de contenção e áreas mineiras (Bellinaso, Gaylarde & Manfio, 2005). São inúmeras as vantagens desta biotecnologia, em relação a outras tecnologias, mas podemos destacar o facto de os custos serem muito competitivos com os dos processos físico-químicos tradicionais, de ser aplicável a uma vasta gama de poluentes e, no caso de ocorrer *in situ*, pode ser conduzida com o mínimo de alteração do local e emissão de compostos voláteis. No entanto, é de salientar que: (i) alguns contaminantes podem não ser biodegradáveis (recalcitrantes) ou apenas parcialmente biodegradáveis; (ii) concentrações muito baixas de alguns poluentes, mas acima dos valores estabelecidos pela legislação, podem limitar a cinética biológica, o que se traduz em níveis de degradação insuficientes e (iii) concentrações elevadas de alguns contaminantes podem ser tóxicas para os microrganismos (Lima & Mota, 2003).

A biorremediação com microrganismos baseia-se na utilização desses seres ou das suas enzimas para o processo de descontaminação. A seleção e a identificação de bactérias, por exemplo, resistentes e capazes de biorremover metais pesados, é um processo importante, uma vez que, permite utilizar características intrínsecas a estas, que, em conjunto com outras técnicas como a fitorremediação, pode promover o crescimento de plantas e a solubilização e a remoção dos metais pesados (Germaine *et al.*, citado por Boechat, 2014).

Apesar das condições hostis presentes nas áreas de minas abandonadas, tem-se verificado que diversas espécies vegetais conseguem desenvolver-se nestas áreas e crescem, frequentemente, de forma espontânea, como é o caso de algumas arbustivas e herbáceas. Todavia, algumas são introduzidas pelo Homem, como acontece também com espécies arbóreas, e conseguem igualmente resistir (Abreu *et al.*, 2007). Assim, associado ao conceito de biorremediação surge o conceito de fitorremediação. Ou seja, a fitorremediação é uma técnica de biorremediação que consiste no recurso às plantas, para que estas, por processos biológicos, possam remover, decompor e/ou acumular os contaminantes (Prasad, 2011). A sobrevivência das plantas existentes nas áreas mineiras deve-se a um conjunto de estratégias de tolerância às elevadas concentrações de elementos químicos e a vários fatores adversos do meio: características físico-químicas e mineralógicas dos solos (baixos valores de pH, baixa capacidade de retenção de

água, ausência de estrutura, baixo teor em nutrientes) e a sua suscetibilidade à erosão (Kidd *et al.*, citado por Abreu *et al.*, 2007).

Na fitorremediação, as plantas podem atuar de forma direta (fitoextração, fitotransformação, fitovolatilização) ou indireta (fitoestabilização, fitoestimulação / rizodegradação) na ação de redução e/ou remoção dos contaminantes (ver figura 8). No primeiro caso, os compostos são absorvidos e acumulados ou metabolizados nos tecidos, através da mineralização dos mesmos. No segundo caso, as plantas extraem contaminantes das águas subterrâneas, reduzindo a fonte de contaminação ou propiciam um meio favorável ao aumento da atividade microbiana, que degrada o contaminante (Tavares, 2009).

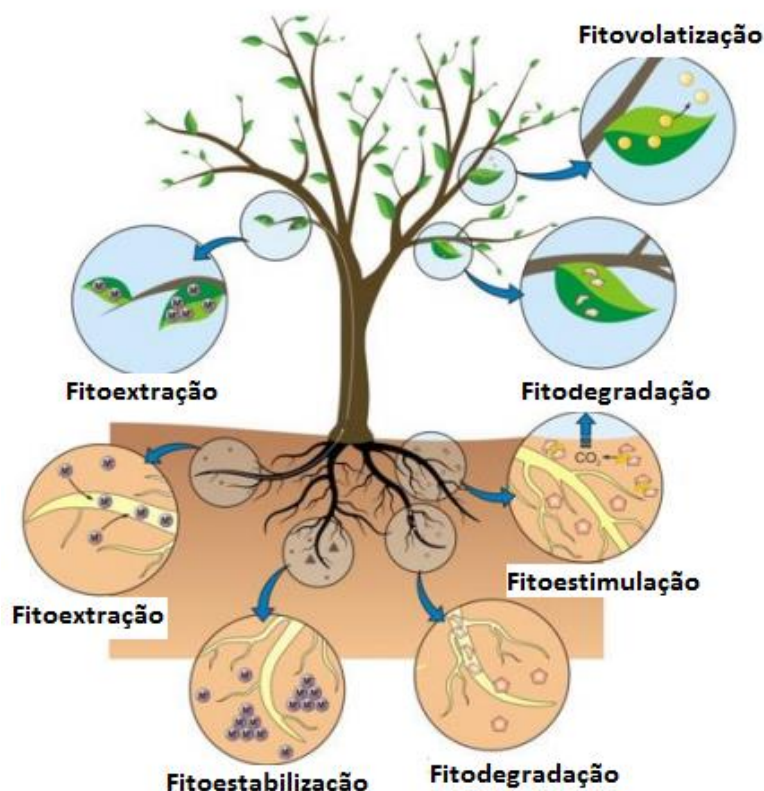


Figura 8: Mecanismos utilizados pelas plantas no processo de fitorremediação.

(Adaptado de: D'Souza, R.; Favas, J.; Paul, M.; Pratas, J. & Varun, M., 2014).

A **fitoextração** é o processo através do qual a planta é capaz de absorver o contaminante do solo, armazenando-o nas suas raízes ou nas folhas e caules, facilitando, assim, a posterior remoção e tratamento. A fitoextração ocorre, principalmente, através de plantas hiperacumuladoras (plantas que são capazes de acumular metais pesados em níveis até 100 vezes superiores àqueles comumente encontrados em outras plantas). Após acumular estes metais nos seus tecidos, a planta pode ser incinerada, depositada em aterro ou utilizada para a produção de fibras e móveis. A **fitotransformação** é um mecanismo em que a planta absorve o contaminante da água e do solo e faz uma bioconversão, no seu interior ou à superfície, para formas menos tóxicas. É aplicada,

principalmente, na remediação de compostos orgânicos. No processo de **fitovolatilização**, a planta, após absorver os contaminantes do solo ou da água, converte-os para formas voláteis, sendo depois libertados para a atmosfera. É um dos mecanismos mais utilizados na remediação do mercúrio (Hg), arsénio (As) e selénio (Se). Na **fitoestabilização**, as plantas reduzem a mobilidade e a migração dos contaminantes presentes no solo, seja através da imobilização, lignificação ou humificação dos poluentes nos seus tecidos vegetais. Ocorre, essencialmente, quando as plantas evitam a erosão superficial e lixiviação do poluente, sendo mais eficaz em solos contaminados com alumínio (Al), cádmio (Cd), crómio (Cr), cobre (Cu), mercúrio (Hg), chumbo (Pb) e zinco (Zn). O processo de **fitoestimulação / rizodegradação** traduz-se na capacidade da planta estimular a biodegradação microbiana dos contaminantes presentes no solo ou na água, através de exsudados radiculares, fornecimento de tecidos vegetais como fonte de energia, sombra e aumento da humidade do solo, favorecendo as condições ambientais para o desenvolvimento dos microrganismos (Tavares, 2009).

Ao explorar este tipo de tecnologias, torna-se evidente que a avaliação da área contaminada, a caracterização da contaminação e o estudo dos processos biológicos dos seres vivos a utilizar na “remediação”, são aspetos fundamentais para que seja atingido o objetivo da descontaminação da área e para que haja sucesso na monitorização do processo (ver figura 9).

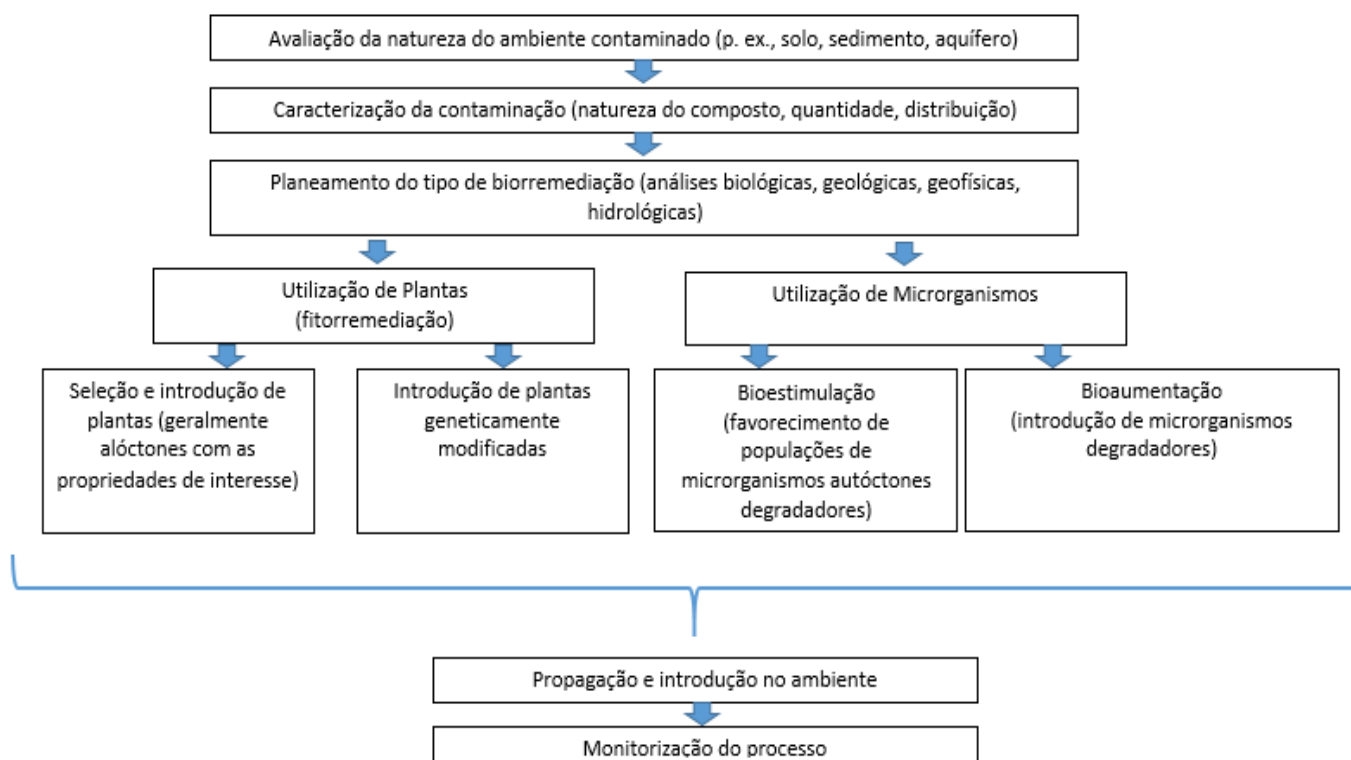


Figura 9: Esquema geral das etapas para definição e implementação de um processo de biorremediação.

(Adaptado de: Bellinaso, M.; Gaylarde, C. & Manfio, G., 2005).

O tipo de recurso e a forma como é explorado, influenciam os problemas de contaminação que podem decorrer, sendo que cada área mineira apresenta os seus próprios problemas. Por exemplo, a exploração mineira do Vale das Gatas (situada em Trás-os-Montes) cessou em 1986 sem quaisquer medidas de controlo e reabilitação ambientais e, através de vários estudos, verificou-se que as escombrelas parecem ser a principal fonte de contaminação, uma vez que, provocam a acidificação de águas. Contudo, a absorção e a acumulação dos metais pela biota (conjunto de seres vivos daquela área: fauna e flora) é significativa no que diz respeito ao cobre (Cu), chumbo (Pb), zinco (Zn) e Arsénio (As). Os estudos químicos realizados às algas do género *Chorophyta* e à espécie *Microspora tumidula* (Hazen, 1902), demonstraram que estas são acumuladoras de metais, principalmente de arsénio (As), uma vez que, as suas concentrações excedem os teores verificados na água, que é o seu habitat natural (Ávila, 2010). Por outro lado, o Campo Mineiro de Jales (situado no distrito de Vila Real, a 13Km de Vila Pouca de Aguiar) teve como principais problemas ambientais a dispersão dos materiais da escombrela e a própria instabilidade da mesma, sendo que o principal elemento contaminante é o arsénio (As). Com o projeto de recuperação ambiental da área, referido anteriormente, um dos tratamentos de efluentes consistiu na construção de zonas pantanosas (*Wetlands*) para o processo de fitorremediação, através de macrófitas como, *Typhas* e *Juncus* (Bobos *et al.*, 2010).

Pelo que foi referido, podemos inferir que, a recuperação de áreas mineiras, recorrendo à biotecnologia, é um processo complexo, moroso, dispendioso e que não dispensa uma forte e progressiva investigação interdisciplinar (ver figura 10). Porém, estudar os processos biológicos dos seres vivos em prol da descontaminação de áreas mineiras é um desafio e um importante passo para o desenvolvimento sustentável.



Figura 10: Investigação científica, inovações tecnológicas e técnicas para remediação de zonas degradadas.

(Extraído de: Canha, Delgado & Trinca, 2014, p.204)

A recuperação de áreas mineiras tem também uma importante e fundamental componente geotecnológica a ser estudada. Como refere Bastos & Silva (2006), o termo recuperação, utilizado no contexto mineiro, tem como principais objetivos a estabilização do terreno, a garantia da segurança pública, a melhoria estética e a devolução do espaço para algo considerado, dentro do contexto regional, um propósito útil. Assim, os diferentes modelos de recuperação podem ser agrupados em três tipos principais: a restauração (que tem como objetivo devolver o estado original, removendo a causa de degradação), a reabilitação (que pressupõe uma recuperação das funções e processos naturais dentro do contexto da perturbação) e a reconversão (que visa uma utilização do espaço afetado, para outros usos, distintos dos originais). Dentro destes modelos, a reabilitação é a solução mais usada na recuperação de áreas intervencionadas pela indústria extrativa, uma vez que, a reconversão encontra-se limitada pela inexistência de usos futuros para os espaços e de expectativas concretas, e a restauração, por vezes, é inviável, pois a reposição exata da situação anterior ao processo extrativo só se justifica se existirem meios de restabelecer a morfologia. No âmbito da atividade extrativa, a preocupação com a recuperação de áreas degradadas, a nível nacional, é traduzida pela publicação do Decreto-Lei n.º 198-A/2001, de 6 de Julho, onde consta que a recuperação destas áreas visa a valorização ambiental, cultural e económica, garantindo a defesa do interesse público e a preservação do património ambiental.

Segundo Bitar, Cabral & Iyomasa (2000), o panorama mundial de tendências no campo da geotecnologia, compreendendo em especial as múltiplas aplicações das geociências para a solução de problemas de engenharia e o aproveitamento de recursos naturais, encontra-se fortemente influenciado pelo debate globalmente difundido em torno da crescente degradação ambiental do planeta e do desafio de alcançar um desenvolvimento verdadeiramente sustentável para a sociedade humana. É ainda de notar que, se por um lado, evidencia-se a tendência da necessidade de melhoria dos sistemas de prevenção de impactes ambientais e de riscos associados a processos geológicos, de modo a mitigar problemas futuros, por outro, existe a convicção de que é igualmente essencial corrigir o que se encontra degradado ou interromper os processos atuais de degradação.

Um dos vários objetivos que se apresentam à geotecnologia prende-se com a caracterização e enquadramento geológico de áreas degradadas. Essa caracterização, em primeiro lugar, deve ser geral e, por isso, são utilizadas, para o efeito, fotografias aéreas, plantas topográficas e também mapas geológicos. Neste sentido, não há dúvidas que o desenvolvimento de tecnologia, ao nível da integração de informação em bases de dados ou ao nível da modelação geoespacial, permite novas abordagens, que possibilitam novas perspetivas, facilitando a caracterização dessas áreas. As geotecnologias (Sistema de Informações Geográficas – SIG, geoprocessamento, cartografia digital, sensoriamento remoto, sistema de posicionamento global) permitem coletar, processar, analisar e visualizar informações com referência geográfica (Guerra citado por Albuquerque, 2009). Deste modo, pode-se afirmar que as geotecnologias permitem caracterizar, de forma fidedigna, áreas degradadas, permitem que sejam realizados estudos regionais e integrados, abrangendo

várias áreas do conhecimento, e também permitem evidenciar intervenções de recuperação e o seu produto final (como pode ser observado através da figura 11).



Figura 11: Evolução da recuperação da escombreira das minas de Jales (sinalizada a vermelho), levada a cabo pela empresa EDM. A) 2006; B) 2011.
 (Adaptado de: Google Earth, 2016)

Como vimos anteriormente, cada mina em recuperação apresenta problemas particulares e, por isso, perante os respetivos impactes nas áreas mineiras, a ciência e a tecnologia desempenham um papel fundamental, desde a caracterização das áreas contaminadas e análise da água e do solo, às práticas de intervenção para a resolução dos problemas e monitorização da recuperação das áreas degradadas.

Em Portugal a atividade mineira está, essencialmente, associada à obtenção de metais. A extração dos minerais que contêm esses metais está, geralmente, relacionada com a exploração de sulfuretos polimetálicos (usualmente metais básicos, ouro e prata) ou de outros minérios metálicos, também eles associados a sulfuretos de diversos tipos. Ao serem extraídos do seu ambiente redutor natural e expostos às condições atmosféricas oxidantes, na presença de água, os minerais sulfuretados sofrem uma série de reações químicas que resultam, entre outros efeitos, na produção das designadas drenagens ácidas. Assim, a evidente necessidade de diagnosticar o estado de degradação ambiental das áreas mineiras e a obtenção de dados de caracterização ambiental fiáveis em tempo útil e com baixos custos associados é, sem dúvida, uma mais-valia para o sucesso do projeto de reabilitação (Núcleo de Engenharia e Geotecnia Ambiental, 2008). Deste modo, as tecnologias que permitem um acesso praticamente imediato à distribuição espacial de uma série de parâmetros indicadores do grau de contaminação, são fundamentais para uma primeira abordagem da perigosidade que a área degradada possa representar para uma comunidade próxima e para os ecossistemas.

Os equipamentos portáteis de análise de metais pesados (elementos que possuem densidade superior a 6 g/cm³ ou raio atômico maior que 20) por fluorescência de raios x de energia dispersiva,

são aparelhos importantes para a análise de solos de áreas degradadas (ver figura 12). A vantagem deste tipo de aparelhos é que permite fazer análises muito rápidas e, conseqüentemente, tirar conclusões no local exato dos ensaios.



Figura 12: Realização de um ensaio *in situ* com utilização de um equipamento portátil de análise por FRX (Analisador Ambiental NITON Série XLi 700).
(Extraído de: Núcleo de Engenharia e Geotecnia Ambiental, 2008)

A análise por fluorescência de raios X de energia dispersiva é uma técnica que compara uma emissão secundária de raios X que se gera ao excitar uma amostra de solo com a fonte emissora primária desse raio (ver figura 13). A radiação primária, induzida pelo aparelho, expulsa os elétrons das capas interiores do átomo, resultando na ocupação dos lugares vagos pelos elétrons de capas externas e num excesso energético resultante desse movimento, que se dissipa em forma de fótons (emissão secundária de raios). A radiação secundária é característica única de cada elemento, sendo possível identificá-lo dentro do espectro da amostra. A concentração de elementos no solo é detetada medindo a intensidade de energia que é associada a cada movimento de elétrons (Ribeiro, 2010).

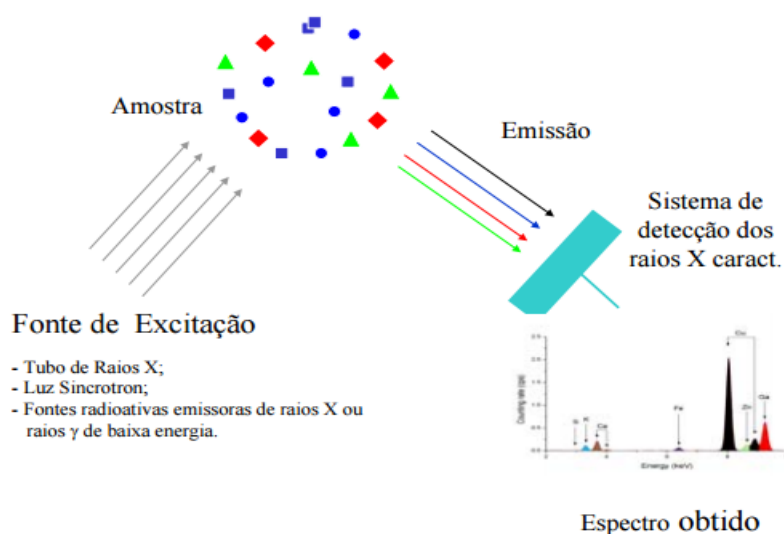


Figura 13: Esquema representativo de uma análise por fluorescência de raios X: excitação-amostra-deteção.
(Extraído de: Parreira, 2006)

No âmbito das ações do PNAAS (Plano Nacional de Ação Ambiente e Saúde) a EP (Equipa de Projeto) Solo e Sedimentos definiu, no seu relatório de atividades 2009 / 2011, quatro grandes grupos de contaminantes: substâncias químicas inorgânicas, compostos orgânicos, elementos radioativos e microrganismos, (ver figura 14) em que se incluem as substâncias perigosas, substâncias prioritárias e substâncias perigosas prioritárias que causam efeitos negativos na saúde humana.



Figura 14: Grupos de contaminantes do solo e dos sedimentos considerados pela EP.
 (Extraído de: EP Solo e sedimentos, 2012)

Para se proceder à avaliação de risco ao nível do solo, a APA (Agência Portuguesa do Ambiente) tem vindo a recomendar a utilização da Norma de Ontário (estabelecida pelo Ministério do Ambiente de Ontário, Canadá) como critério de referência para definir a qualidade do solo em Portugal, pelo facto da legislação portuguesa ser considerada deficitária neste âmbito. No entanto, é importante referir e ter em conta que as características geológicas, litológicas, climáticas, topográficas e hidrogeológicas de cada região portuguesa, são diferentes entre si e diferentes das existentes no Canadá e, conseqüentemente, é possível ocorrerem desvios aos valores estabelecidos pela Norma de Ontário: “Soil, Ground Water and Sediment Standards for Use Under Part XV.1” of the Environmental Protection Act, 2011.

De igual modo, os aparelhos portáteis de análise das águas (ver figura 15) são importantes ferramentas para que seja possível determinar, de forma expedita, alguns parâmetros das águas superficiais. Existem equipamentos multiparamétricos que permitem fazer análises rápidas, podendo-se tirar algumas conclusões no local exato dos ensaios.



Figura 15: Equipamento multiparamétrico Hach.
 (Extraído de:es.hach.com, 2015)

Frequentemente, os parâmetros que são avaliados com este tipo de equipamentos são: pH, temperatura, condutividade elétrica (CE), potencial de redox (Eh) e oxigénio dissolvido (OD).

- O pH é uma grandeza que varia entre 0 e 14 e indica a intensidade da acidez ($pH < 7,0$), neutralidade ($pH = 7,0$) ou alcalinidade ($pH > 7,0$) de uma solução aquosa. A influência direta do pH nos ecossistemas aquáticos é exercida pelos seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies e o efeito indireto também ocorre, pois determinadas condições de pH suscitam a precipitação de elementos como os metais pesados.
- A condutividade elétrica (CE) refere-se à capacidade que uma solução aquosa possui em conduzir uma corrente elétrica, sendo que quanto maior é a concentração iónica da solução

maior é a condutividade. Desta forma, este parâmetro está relacionado com o tipo de solo que a água atravessa.

- O potencial redox (Eh) fornece informações sobre a oxidação ou a redução. Para realizar esta medição é utilizado um eletrodo de metal que tem a capacidade de realizar a rápida troca de eletrões. Se no meio estão presentes substâncias oxidantes ou redutoras, é produzido um intercâmbio de eletrões e este intercâmbio provoca, por sua vez, uma tensão elétrica que pode ser medida.
- O oxigénio dissolvido (OD) é um elemento fundamental para a sobrevivência de espécies biológicas na água. Este parâmetro é influenciado pela temperatura (diminui a dissolução), matéria em suspensão (diminui a dissolução), velocidade e tipo de fluxo (quanto mais turbulento maior a dissolução) e a quantidade de nutrientes.

Após determinar os parâmetros possíveis e após o respetivo registo, é possível fazer uma avaliação, utilizando para o efeito, o Decreto-Lei n.º 236/98 de 1 de agosto, onde se encontram definidos os valores paramétricos, divididos por diferentes critérios.

Uma vez realizada a caracterização hidrogeológica da área e a identificação dos focos de contaminação e respetivos poluentes, torna-se imperativo intervir de modo a resolver a problemática do local. Essa intervenção, dependendo de cada contexto, pode ser feita ao nível da geotecnia para a reestruturação de declives de taludes, da construção de sistemas de drenagem superficiais, sub-superficiais e subterrâneos, da impermeabilização e cobertura das escomboreiras para impedir a dispersão dos materiais e a infiltração de água, da descontaminação do solo, do tratamento geoquímico de efluentes, entre outros.

No que respeita à descontaminação de solo, é necessário ter em conta que o mesmo é um sistema integrado que inclui também as águas subterrâneas e, por isso, quando se intervém para uma remediação no solo, os efeitos são também abrangentes às restantes componentes do sistema. Numa classificação genérica, as tecnologias para este processo podem ser classificadas de acordo com os processos tecnológicos envolvidos, (físicos, químicos ou eletroquímicos, biológicos) com o local onde são aplicadas (*in situ* ou *ex situ*) e tendo em conta o modelo concetual de contaminação (fonte, trajeto, alvo).

Relativamente ao local onde são aplicadas as tecnologias, no caso de ser *in situ* o material contaminado é tratado no local sendo que a ação corretiva é aplicada diretamente no meio contaminado. Se as operações ocorrerem *in situ*, no caso dos solos, não é necessário proceder-se a escavação ou ao transporte e, no caso das águas, não é necessário o processo de bombagem. Além disso, o tratamento pode ser simultâneo aos solos e às águas subterrâneas. No entanto, também existem desvantagens das quais se destacam a dificuldade de controlar a *performance* da

operação devido à diversidade de parâmetros do meio natural e que podem comprometer a progressão do tratamento e ainda a dificuldade de estimar o volume exato de material tratado e o grau de eficácia do tratamento. Por outro lado, no tratamento *ex situ*, há sempre remoção, por escavação (solos) ou bombagem (águas) e respetivo transporte para um centro de tratamento. As vantagens destes tratamentos devem-se ao facto de potenciarem a remoção integral do material contaminado; de possibilitarem a ocorrência de outras atividades no local porque os tratamentos são realizados fora, e por serem mais eficazes, uma vez que, são realizados em centros especializados para o efeito. Contudo, os custos elevados de transporte do material contaminado, as excessivas precauções para o transporte de materiais perigosos, o risco de dispersão da contaminação durante a remoção e transporte e a necessidade de caracterização, classificação e separação dos materiais com diferentes tipologias de contaminação para que os centros de tratamento consigam responder às especificações da descontaminação, são exemplos das desvantagens implícitas no tratamento *ex situ* (Costa, 2007). Em suma, os modos de operação *ex situ* são, normalmente, mais dispendiosos mas são mais rápidos e de mais fácil implementação. Contrariamente, os modos de operação *in situ* são menos dispendiosos, mais morosos e exigem maior conhecimento do comportamento dos elementos do meio natural.

Como foi dito anteriormente, as tecnologias de remediação podem ser aplicadas na fonte de contaminação, no trajeto ou ainda no alvo exposto à contaminação. Assim, de acordo com a caracterização da problemática, em cada caso é realizado um modelo concetual de contaminação. Na tabela 3 estão representadas, de forma sintética, uma lista de tecnologias de descontaminação classificadas em função das três entidades referenciadas: fonte-trajeto-alvo.

Tabela 3: Tecnologias de remediação classificadas de acordo com o modelo concetual de contaminação.

(Adaptado de Costa, 2007)

Tecnologias aplicáveis na fonte	Tecnologias aplicáveis no trajeto	Tecnologias aplicáveis no alvo
Escavação e remoção de contaminantes para tratamentos <i>ex situ</i> : <ul style="list-style-type: none"> • Colocação em aterro confinado; • Tratamento (físico, químico, biológico) em central apropriada (<i>soil-washing</i>, <i>bioventing</i>, incineração, vitrificação, etc). 	Construção de barreiras à migração dos poluentes: físicas, térmicas, bioquímicas.	Isolamento do meio recetor: construção de barreiras.
Isolamento dos contaminantes <i>in situ</i> : <ul style="list-style-type: none"> • Por confinamento lateral; • Por confinamento de topo; • Por confinamento total. 	Redirecionamento do fluxo das águas subterrâneas.	Remoção do alvo (mudança de localização).
Tratamento dos contaminantes <i>in situ</i> : <ul style="list-style-type: none"> • Solidificação; • Estabilização; • Extração; • Biorremediação; • Adição de reagentes químicos. 	Interceção (com drenos, trincheiras...).	

Conforme os processos tecnológicos envolvidos, as técnicas de remediação podem ser classificadas genericamente, como consta na tabela 4:

Tabela 4: Técnicas de remediação classificadas de acordo com os processos tecnológicos envolvidos.

(Adaptado de Costa, 2007)

Métodos físicos	Métodos químicos ou eletroquímicos	Métodos biológicos
Escavação de solo	Mobilização e Extração	Biorremediação aditiva
Lavagem de solo por separação física	Destruição por reação química	<i>Bioventing</i>
Extração do vapor do solo (<i>Soil Vapour Extraction – SVE</i>)	Barreiras reativas	<i>Landfarming</i>
Bombagem de água	Separação eletrocinética	Compostagem
Imobilização ou confinamento do contaminante (solos)		Fitorremediação
Imobilização ou confinamento do contaminante (águas)		
Solidificação / Estabilização		

Pela pertinência dos contributos da tecnologia na resolução das problemáticas ambientais, no que diz respeito à descontaminação do solo e da água, de seguida serão explicadas, sucintamente, as técnicas de remediação implícitas na classificação da tabela anterior (tabela 4), excetuando os métodos biológicos de biorremediação e fitorremediação, uma vez que, os mesmos já foram descritos, anteriormente, a fim de evidenciar os contributos das investigações da área da Biologia no processo de recuperação de áreas mineiras.

1. Métodos físicos

- 1.1 Escavação de solo: é o método mais vulgarmente utilizado na remediação de solos e consiste em escavar o local, transportar e dispor o material em locais *ex situ*, como centros de tratamento ou aterros industriais, para posterior tratamento. As terras contaminadas são removidas até que o solo encontrado seja considerado não contaminado, sendo que a área a escavar deve ser delimitada para dados de prospeção e análises químicas. Os locais de onde foram removidos os solos podem ser preenchidos por novos solos não contaminados ou pelos mesmos que foram extraídos mas depois de tratados.
- 1.2 Lavagem do solo por separação física: consiste no arrastamento ou transporte de substâncias poluentes através de injeção ou infiltração de água (ou outros compostos) na matriz do solo (ver figura 16). A lavagem do solo pode ser realizada *in situ* ou *ex situ*.

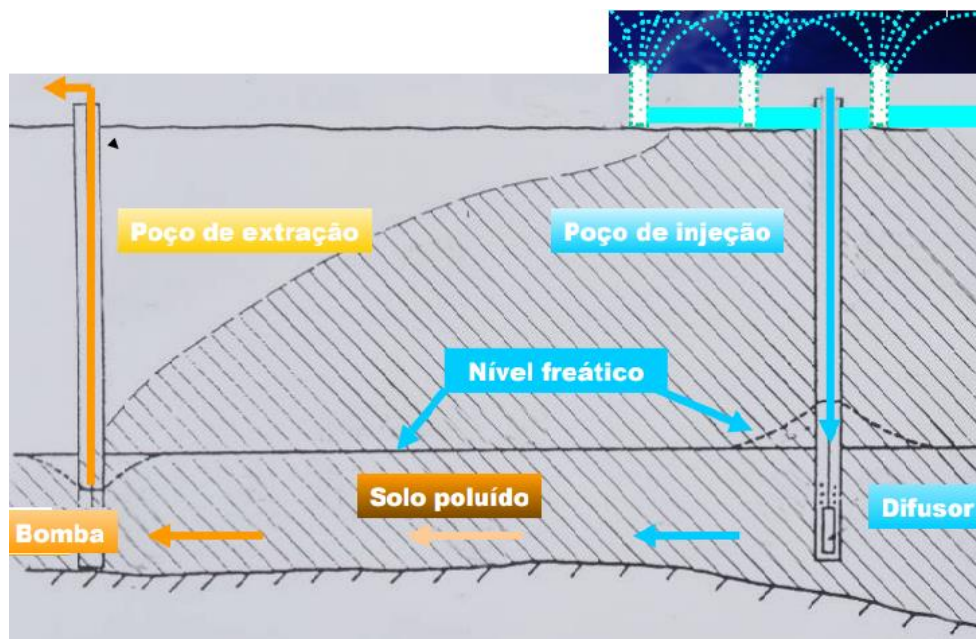


Figura 16: Técnica de lavagem de solo.

(Extraído de Rubio, 2010)

1.3 Extração do vapor do solo (Soil Vapour Extraction – SVE): consiste na injeção de uma corrente de ar através do solo, de modo que os contaminantes da matriz sejam transferidos para o ar. O resultado obtido é a remoção de compostos orgânicos altamente voláteis da zona não saturada do solo. O tratamento é realizado com a instalação de poços de extração de vapor ou tubos perfurados na zona de contaminação e aplicando o vácuo para induzir o movimento dos gases do solo (ver figura 17). O gás que abandona o solo pode necessitar de tratamento para a remoção ou destruição dos contaminantes.

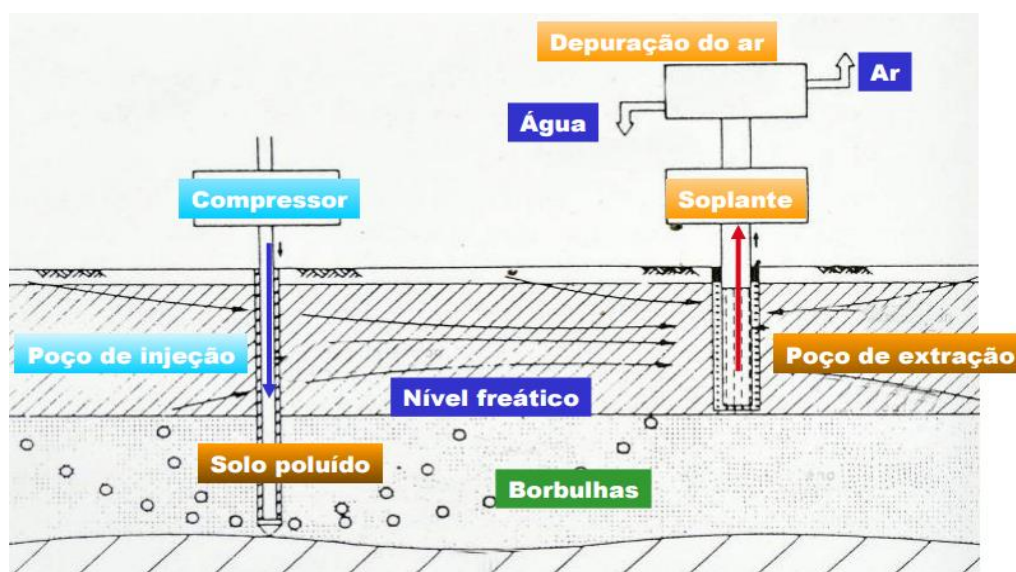


Figura 17: Técnica de extração do vapor do solo.

(Extraído de: Rubio, 2010)

- 1.4 Bombagem de água: é o método mais comum de remediação de águas subterrâneas e consiste na bombagem da água subterrânea contaminada para unidades de tratamento.
- 1.5 Imobilização ou confinamento dos contaminantes (solos): consiste no isolamento e contenção física da contaminação, no local relativamente à área envolvente. O confinamento a produzir pode ser total ou parcial e pode ser realizado através de membranas geosintéticas ou naturalmente com recurso a argilas. O sistema de cobertura espesso consiste na colocação de solo limpo sobre o solo contaminado, sendo que os sistemas de cobertura devem permitir o controlo de gases e de lixiviados. No topo do solo contaminado é colocado um estrato drenante (normalmente constituído por areias). Por cima da camada drenante é colocada a geomembrana (que pode ser em PEAD - mantas laminadas flexíveis de Polietileno de alta Densidade). Por cima da camada impermeável sobrepõem-se outras: uma drenante, uma de geotêxtil (para proteger o sistema) e uma última de solo natural (ver figura 18).

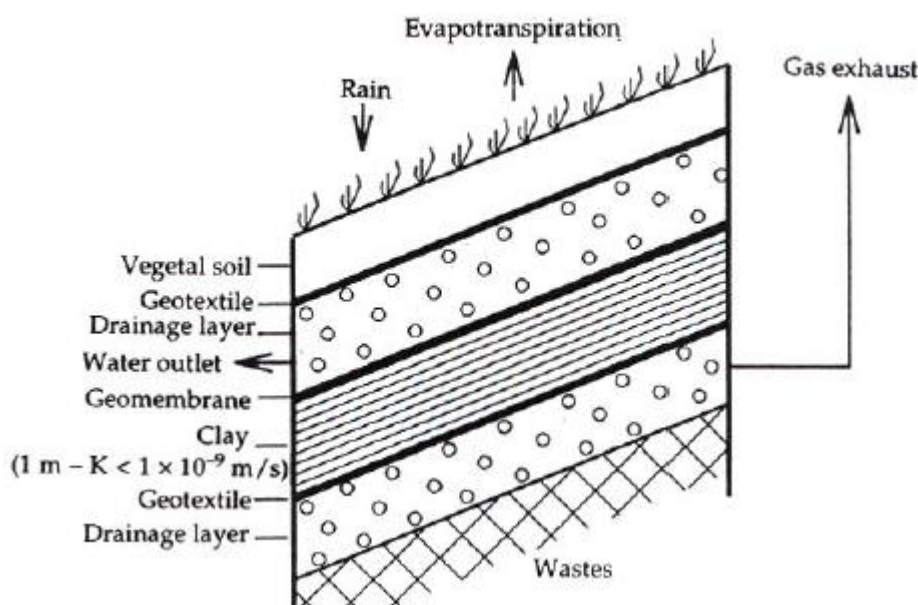


Figura 18: Esquema ilustrativo de um sistema de confinamento.
 (Extraído de: Costa, 2007)

A Imobilização ou confinamento dos contaminantes dos solos pode ainda ser realizada por meio de barreiras, isto é, construção de paredes horizontais ou verticais (como cortinas de estacas-pranchas).

- 1.6. Imobilização ou confinamento dos contaminantes (águas): método de aplicação de barreiras *cut-off*, cuja configuração mais usual é a vertical. A configuração mais comum das barreiras verticais é circular, de forma a rodear completamente a fonte de poluição.

1.7 Solidificação / Estabilização: técnica em que os contaminantes são fisicamente envolvidos no seio de uma massa estabilizada (solidificação), ou são induzidas reações entre agentes estabilizadores e os contaminantes de modo a reduzir a mobilidade destes (estabilização). Um dos processos utilizados é a vitrificação *in situ*, mediante elétrodos, (ver figura 19) que pode destruir ou remover compostos orgânicos e imobilizar a maioria dos componentes inorgânicos presentes no solo.

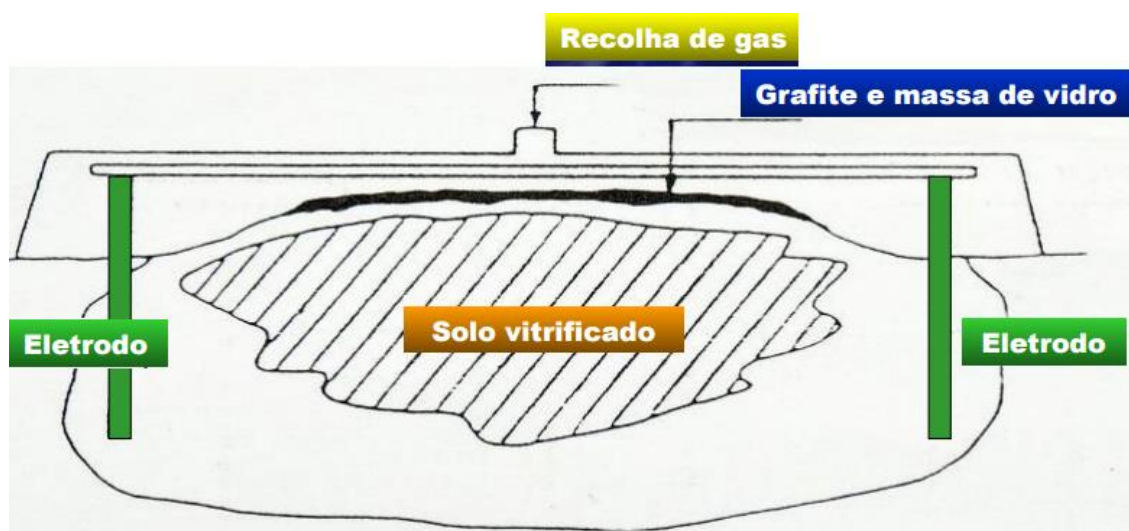


Figura 19: Técnica de vitrificação.

(Adaptado de: Rubio, 2010)

2. Métodos químicos ou eletroquímicos

2.1 Mobilização e extração: consiste na adição de soluções surfactantes a fim de promover a solubilidade e mobilidade dos elementos poluentes do meio. As características do solo e dos contaminantes determinam as soluções de lavagem adequadas, não só em termos de eficiência mas também de compatibilidade. Normalmente, utilizam-se vários métodos de lavagem associados, que permitem a recuperação de metais e a mobilização de uma grande variedade de contaminantes orgânicos e inorgânicos em solos de granulometria grosseira.

2.2 Destruição por reação química: método relacionado com a adição de reagentes químicos no meio, que vão interagir com os elementos poluentes, promovendo a sua degradação e/ou transformação noutros elementos menos tóxicos. Este método também permite a imobilização ou extração dos poluentes. Os principais tipos de reação química são a oxidação, redução e decoloração, sendo que é muito importante controlar as condições de pH do meio. É utilizado para elementos orgânicos não voláteis e não biodegradáveis, solventes clorados, pesticidas e metais.

2.3 Barreiras reativas: método onde são utilizadas barreiras permeáveis, constituídas por materiais reativos ou com grande capacidade de adsorção (como, por exemplo, argilas e ferro) que permitem a passagem da água subterrânea e a remoção / degradação dos contaminantes por reação com os

materiais (ver figura 20). Os contaminantes presentes na água são eliminados por processos físicos, químicos e/ou biológicos. As reações do material reagente, com os contaminantes da água, dependem do pH do meio, do potencial *redox*, da concentração dos contaminantes e das reações cinéticas na barreira.

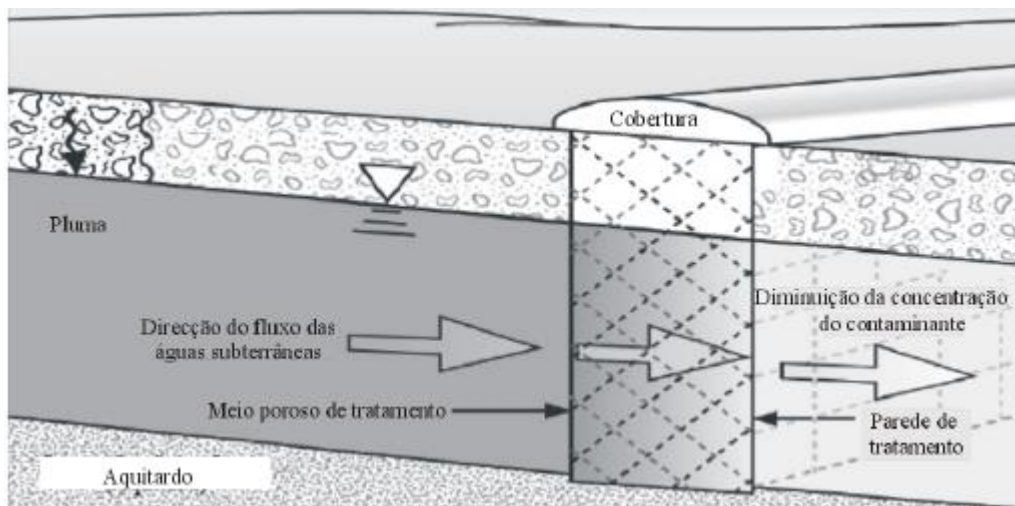


Figura 20: Esquema representativo do funcionamento de uma barreira reativa permeável.

(Extraído de: USEPA, citado por Costa, 2007)

2.4 Separação eletrocinética: método de tratamento que utiliza processos eletroquímicos para promover a remoção de metais e de compostos orgânicos polares. No solo é aplicada uma corrente direta de baixa intensidade mediante a introdução de eléctrodos. Os recipientes protetores dos eléctrodos estão preenchidos por dissoluções químicas, que incorporam os poluentes (ver figura 21) que serão eliminados numa instalação de depuração. Esta tecnologia aplica-se em solos, lamas e sedimentos contaminados com metais pesados, aniões e compostos orgânicos polares e apresenta maior eficácia no tratamento de solos argilosos devido à carga superficial negativa das partículas de argila.

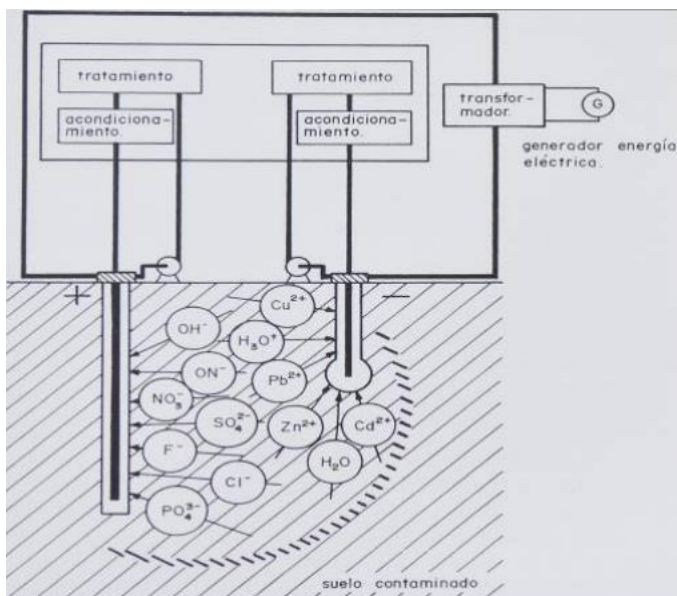


Figura 21: Esquema representativo do funcionamento do método de separação eletrocinética.

3. Métodos biológicos

3.1 Bioventing: método que se baseia no fornecimento de oxigénio aos microrganismos presentes na zona não saturada do solo, através da injeção direta de ar, a fim de estimular a biodegradação *in situ* de qualquer composto que seja degradado aerobicamente. O método de arejamento utilizado decorre em função das características físicas do solo e da profundidade da zona contaminada. É frequentemente utilizado para solos contaminados por hidrocarbonetos derivados do petróleo, solventes não clorados e alguns pesticidas, entre outros.

3.2 Landfarming: consiste num tratamento *ex situ* em que os solos contaminados são revolvidos periodicamente para serem arejados e expostos às condições climáticas. Desta forma, os resíduos, o solo, as condições climáticas e a atividade biológica interagem num sistema dinâmico, a fim de degradar, transformar e imobilizar os contaminantes. Quando o solo contaminado está à superfície não há escavação e o tratamento é *in situ*. Esta técnica é utilizada para tratar hidrocarbonetos de elevado peso molecular.

3.3 Compostagem: consiste num processo biológico em que os contaminantes orgânicos biodegradáveis são convertidos em subprodutos estabilizados devido à atividade de microrganismos. A eficácia do método depende das condições constantes de humidade, pH, concentração de oxigénio, temperatura e razão carbono / azoto. Existem autores que consideram a existência de três fases: fermentação; bioestabilização e humificação. Na primeira fase o pH e a temperatura sofrem um aumento progressivo. Na segunda fase a degradação da matéria orgânica praticamente não sofre evolução e, por fim, na última fase ocorre a humificação do composto seguindo-se de uma estabilização, como se pode analisar através do gráfico 1.

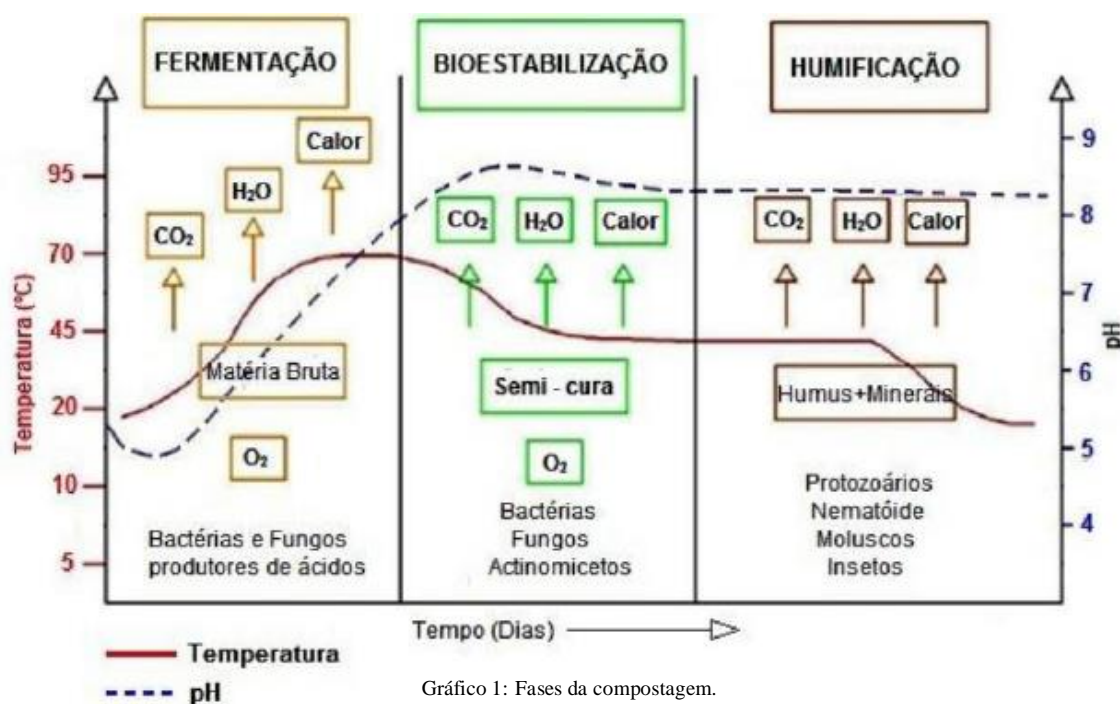


Gráfico 1: Fases da compostagem.

(Extraído de: Júnior, citado por Paradela, 2014)

III – CONTEXTUALIZAÇÃO EDUCACIONAL DO ESTUDO

Ao longo dos anos, a educação evoluiu no sentido de terminar com as práticas transmissivas e repetitivas na sala de aula e, por necessidade e força das circunstâncias, avançou-se para uma perspetiva mais ativa e pragmática. Em termos gerais, na primeira metade do século XX deixa de haver um foco no desenvolvimento intelectual do aluno e passa-se a dar mais atenção ao valor social da ciência. A partir dos anos 50, surge o Ensino por Descoberta e, segundo Freire *et al.*, (2006), os currículos de ciências, “centrados na disciplina científica de ensino, refletiam a imagem da ciência tal como era entendida pelos cientistas” e o que se pretendia era substituir o ensino tradicional baseado no uso exclusivo de livros de texto (Freire *et al.*, 2006, p.28). Contudo, é no início dos anos 70 que se começa a valorizar e a promover a literacia científica, abordando competências como recolha de dados, interpretação e comunicação de resultados, sobre problemas científicos e socialmente relevantes. A partir dos anos 80, surgem estudos que revelam a eficiência do ensino das ciências por investigação e nasce assim o Ensino Orientado para a Investigação. Segundo os autores do Project 2061 – Science for all Americans (American Association for the Advancement of Science, 1989) a investigação é que deve ajudar os alunos a aprenderem a resolver problemas do quotidiano. Assim, considera-se que estamos perante um Ensino Orientado para a Investigação (EOI) quando este envolve um problema ou questão, questionamento e investigação. Em toda esta sequência, o professor é mediador e leva os alunos a desenvolverem o raciocínio científico e os alunos chegam a conclusões, argumentam e comunicam soluções.

III.1. A abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente no Ensino

Segundo Freire *et al.*, (2006), a partir da década de 80, a sociedade começou a influenciar o processo da elaboração dos currículos de ciências, evidenciando a perspetiva Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). No Reino Unido assistiu-se ao aparecimento de currículos de ciências que promoviam a dimensão CTS como é o caso do SISCO (Science in Social Context), Salters e Satis.

Para Hurd, os currículos no contexto Ciência, Tecnologia e Sociedade, contribuem para a resolução de problemas, para os quais os alunos terão de recolher informação e fazer juízos de valor sobre questões pessoais e do mundo real (Hurd citado por Freire *et al.*, 2006). Por sua vez, Fensham (1992) reforça a importância desta abordagem no Ensino ao revelar que as implicações da ciência e tecnologia na sociedade devem ser parte integrante da educação científica de todos os alunos, uma vez que, numa sociedade altamente tecnológica, cada vez mais os cidadãos são chamados a intervir e a tomar decisões sobre as implicações sociais da ciência e tecnologia.

(Fensham, citado por Freire *et al.*, 2006). Para Martins (2000), a abordagem CTS engloba uma grande diversidade de modos de conceber o ensino e a aprendizagem das ciências, mas, em todos eles, as inter-relações Ciência-Tecnologia-Sociedade são o centro dos temas a abordar ou nas questões-problema a resolver.

Segundo vários autores, o movimento CTS surge no sentido sociológico do termo e, por isso, é um movimento bem mais amplo que a escola. Deste modo, Tomazello (2009), refere que no processo de transposição do campo de pesquisa CTS para o ensino das ciências, a sigla ganhou a letra “A” de CTSA, letra essa relativa à dimensão ambiental. O acréscimo da dimensão ambiental, veio demonstrar a importância que a vertente socioambiental tem vindo a conquistar no sistema de ensino. Parreira (2012), afirma que a abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), reveste-se de particular importância no ensino das ciências, uma vez que privilegia aos alunos uma melhor compreensão da Ciência, Tecnologia e Sociedade, tendo em conta todas as questões relacionadas com o Ambiente e, além disso, dá uma solução para a diminuição do fosso entre a realidade dos cidadãos contemporâneos e a realidade escolar. Para a mesma autora, se a ciência e a tecnologia fazem parte da vida dos cidadãos, então os seus efeitos no ambiente também deverão ser estudados.

III.2. Estratégias e recursos educativos

De modo a verificar se uma abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) tem ou não implicações significativas na aprendizagem dos alunos, primeiramente, aplicamos um teste diagnóstico para avaliar os pré-requisitos dos alunos. Seguidamente, para o desenvolvimento educativo, recorreremos à metodologia Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas (ABRP) como forma de promover um ensino de orientação CTSA.

A metodologia ABRP está contextualizada num Ensino Orientado para a Investigação, uma vez que, (i) envolve um problema ou questão de partida, questionamento e investigação; (ii) o professor tem um papel de mediador, pois leva o aluno a observar, a levantar questões e a desenvolver o raciocínio científico e o aluno tem que, por sua vez, chegar a conclusões, argumentar e comunicar essas conclusões e (iii) envolve trabalho colaborativo numa perspetiva socioconstrutivista da aprendizagem (Almeida & Vasconcelos, 2012). Como tal, esta foi a metodologia a que recorreremos, a fim de promover um conhecimento efetivo sobre os problemas do quotidiano e a capacidade de resolução dos mesmos, com recurso à mobilização dos saberes. Como refere Barrel (2007) e Lambros (2004) citados por Carvalho & Dourado (2009), esta metodologia é uma das que melhor dá resposta à exigência curricular de desenvolvimento das capacidades de resolução de problemas pela aplicação de situações problemáticas reais ou baseadas na realidade ou, até mesmo, com as quais os alunos se confrontem no dia-a-dia e, por

isso, contribui para o desenvolvimento dos jovens como cidadãos participativos e amplia as capacidades de aprender a aprender, especialmente, perante situações sociais de índole científico-tecnológica.

No final da intervenção educativa, aplicámos um teste de avaliação sumativo para verificar os conhecimentos efetivos dos alunos.

Assim, os recursos educativos envolvidos na nossa intervenção foram:

- o cenário de apresentação do problema em formato audiovisual, que foi projetado a toda a turma, com utilização de um computador e de um projetor;
- uma ficha de monitorização ABRP para cada grupo de trabalho;
- fontes de dados para os alunos procederem à investigação:
 - Manual escolar adotado - Canha, P.; Delgado, Z. & Trinca, C. (2014). *À Descoberta da Vida Ciências Naturais 8º Ano*. Lisboa. Texto Editores, Lda;
 - Notícia do jornal Diário de Notícias – “As consequências do fecho de uma exploração mineira” de 23 de fevereiro de 2012;
 - Artigo adaptado de Bellinaso, M.; Gaylarde, C. & Manfio, G. (2005). *Biorremediação. Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento n.34 - janeiro/junho 2005*. Retirado de:
http://www.biotecnologia.com.br/revista/bio34/biorremediacao_34.pdf a 4 de dezembro de 2015;
 - Artigo adaptado sobre a recuperação do campo mineiro de Jales: Bobos, I.; Ávila, F.; Ferreira da Silva, E. & Durães, N. (2010). *Visita ao Campo Mineiro de Jales*. X Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa – Memórias nº15. Porto. Deolinda Flores e Manuela Marques, Editores;
 - Objetivos de desenvolvimento sustentável – Agenda 2030. Retirado de <http://www.unric.org/pt/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel> a 13 de março de 2016.

III.3. Implementação da intervenção

Primeiramente, a intervenção foi iniciada com a aplicação de um teste diagnóstico, **(apêndice 1)** correspondente ao pré-teste da investigação, constituído por questões que nos revelaram as conceções dos alunos sobre a temática. Nas duas aulas subsequentes, (de 50 minutos cada uma) com recurso à metodologia ABRP, previamente planificada para esta intervenção, a turma foi dividida em grupos de 5 alunos. Na primeira aula, foi-lhes exposto um vídeo com o cenário: “De que modo a ciência e a tecnologia contribuem para o desenvolvimento sustentável?”, cuja problemática era

referente às consequências do fecho e abandono de uma exploração mineira, de maneira a levar os alunos a levantar questões, a raciocinar, a investigar e a encontrar soluções de minimização dos danos nefastos para o ambiente, causados pela exploração. Posteriormente, foi entregue a cada grupo de trabalho, uma ficha de monitorização ABRP, para que os alunos conseguissem autorregular as suas aprendizagens. Assim, começaram a preencher a lista de factos, que retiraram a partir do cenário. Uma vez reunidos os factos, foi realizada uma síntese das questões-problema, levantadas pelos alunos:

1. Quais são os aspetos positivos e negativos que resultam de uma exploração mineira?
2. Que técnicas científico-tecnológicas contribuem para a descontaminação e recuperação de áreas com graves problemas ambientais?
3. O que é o desenvolvimento sustentável e qual é a sua importância?

De seguida, foram entregues a cada grupo de trabalho, várias fontes de dados (descritas na página anterior no tópico dos recursos educativos utilizados) para que os alunos iniciassem a sua investigação, a fim de dar resposta às questões-problema, sendo que todo o processo de investigação e de pensamento crítico foi mediado e avaliado pela professora investigadora. Cada aluno foi avaliado individualmente, através de critérios estabelecidos e apresentados numa grelha de observação, realizada para o efeito.

Na segunda aula, as propostas de solução apresentadas pelos grupos foram sintetizadas e concluiu-se o preenchimento da ficha de monitorização. Além disso, cada um dos grupos realizou e apresentou o produto final, que consistiu na elaboração de um marcador de livros, com a definição completa de desenvolvimento sustentável e, no verso, constavam algumas atitudes que os cidadãos podem e devem assumir para promover a sustentabilidade dos recursos naturais.

Após se concluir a intervenção educativa segundo uma abordagem CTSA, numa última aula foi aplicado o teste de avaliação sumativo (**apêndice 2**) correspondente ao pós-teste da investigação. É importante salientar que o pré e o pós-teste são exatamente iguais, pois só desta forma é possível encontrar dados que nos indiquem qual a perceção dos alunos sobre os contributos científico-tecnológicos no desenvolvimento sustentável, antes e após a lecionação do tema, segundo uma abordagem CTSA.

Note-se ainda que o pré e o pós-teste só foram aplicados após a respetiva validação e avaliação de fidelidade, que será explicada mais à frente (capítulo IV.3.1.)

Para o teste diagnóstico / teste de avaliação sumativo, foram definidos critérios de avaliação, foi realizada uma proposta de correção e foi ainda definido nível cognitivo de cada uma das questões.

IV. METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

Como refere Coutinho (2011), a investigação é uma atividade cognitiva que envolve sempre um problema e, quando se recorre a uma metodologia de cariz quantitativo, a formulação do problema ocorre numa fase prévia. Assim, o problema que guia a nossa investigação é verificar qual a perceção dos alunos sobre os contributos científico-tecnológicos no desenvolvimento sustentável antes e após a lecionação do tema, segundo uma abordagem CTSA.

Perante um problema, é definida a hipótese que, no caso de a investigação ser quantitativa, segundo Punch (1998), o que se testa é a teoria que está por detrás da mesma hipótese (Punch citado por Coutinho, 2011). Perante este contexto de raciocínio dedutivo, definimos a hipótese nula e a hipótese direcionada:

H0: A lecionação da temática segundo uma abordagem CTSA não tem implicações na aprendizagem dos alunos.

H1: A lecionação da temática segundo uma abordagem CTSA tem implicações significativas na aprendizagem dos alunos.

No que se refere à hipótese de investigação, a variável dependente corresponde à aprendizagem significativa dos alunos participantes e a variável independente corresponde à planificação e construção de recursos e materiais didáticos segundo a metodologia de ensino (ABRP), para um ensino orientado para a CTSA.

IV.1. Estudo pré-experimental

Para realizar o nosso estudo, recorreremos à metodologia de investigação estudo pré-experimental, devido, por um lado, à natureza específica da temática a tratar e às hipóteses que pretendemos testar e, por outro, ao tipo de amostra que nos foi disponibilizada no âmbito da Prática de Ensino Supervisionada (PES), contextualizada na Iniciação à Prática Profissional.

O estudo pré-experimental é um tipo de estudo experimental, em que só existe um grupo (não aleatório) ou só um teste. Na nossa investigação, apenas existiu um grupo (não aleatório) e um pré e pós teste. Por isso, o seguinte esquema (ver figura 22) pode representar simbolicamente o estudo que desenvolvemos:



Figura 22: Esquema do grupo único com pré e pós-teste.
Os símbolos “O1” e “O2” correspondem à aplicação num primeiro momento (O1) do pré-teste e num segundo momento (O2) do pós-teste e o (X) equivale à nossa intervenção educativa.
(Adaptado de: Coutinho, 2011, p.238)

Esta metodologia permitiu, assim, comparar resultados do antes e após da intervenção educativa, a fim de verificar se a mesma tem implicações significativas na aprendizagem dos alunos.

IV.2. Caracterização da amostra

A população de incidência era constituída por alunos do oitavo ano de escolaridade, da disciplina de Ciências Naturais, de uma escola pública, do presente ano letivo (2015/2016). A amostra com que trabalhamos foi classificada como “amostra por conveniência”, pois o grupo (neste caso a turma) estava já formado antes de iniciarmos a investigação.

A desvantagem deste tipo de amostragem é que, devido ao carácter de “conveniência”, os elementos que constituem a amostra não são representativos da população e, consequentemente, os resultados obtidos no estudo não podem ser generalizados para além do grupo em estudo.

IV.3. Técnica e instrumentos de recolha e análise de dados

Segundo Coutinho (2011), todo o plano de investigação implica uma recolha de dados originais. De facto, existem vários procedimentos para a recolha de dados. Neste caso, recorremos a testes para levar a cabo a nossa investigação. Consequentemente, a técnica de análise dos dados obtidos foi a análise estatística.

IV.3.1. Testagem

A Testagem é um procedimento de recolha de dados através de uma resposta ou desempenho dos participantes em testes, inventários, escalas, entre outros (Coutinho, 2011). Para o nosso estudo, a obtenção dos dados traduziu-se nas respostas dadas pelos alunos participantes na nossa investigação, no pré-teste e no pós-teste. Posto isto, como o nosso objetivo era medir, numa primeira fase, conhecimentos prévios e, numa segunda fase, as novas aprendizagens, optamos por aplicar testes como instrumentos de avaliação. O teste de diagnóstico (pré-teste), envolveu questões de avaliação de nível superior cognitivo, desenho e mapa de conceitos, a fim de determinar as concepções alternativas dos alunos, pois, segundo a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, o aluno apresenta ideias prévias que o professor deve tomar como ponto de partida para a sua intervenção: “... o fator mais importante que influencia a aprendizagem é o que o aluno já sabe” (Ausubel citado por Novak, 1984, p.56). Por fim, o teste de avaliação (pós-teste), integralmente igual ao pré-teste, permitiu avaliar as novas concepções dos alunos, resultantes da nossa intervenção educativa. Assim, se por um lado, o teste diagnóstico, aplicado no início de uma nova aprendizagem, permitiu diagnosticar os pré-requisitos e as concepções alternativas, o teste

de avaliação sumativo, aplicado no final da intervenção, permitiu comprovar as novas aprendizagens, estipuladas nos objetivos.

Como pretendíamos medir o aproveitamento / aptidões cognitivas dos alunos, a construção do pré e pós-teste passou, numa fase inicial, pela operacionalização dos objetivos, seguida de uma cuidadosa escolha do tipo de questões a incluir e que, por sua vez, determinaram o tipo de fidelidade e validade. A validade de conteúdo dos testes refere-se à relação entre as perguntas e os objetivos fixados que se pretendem atingir. Neste caso, o conteúdo das questões deveria ser orientado para os seguintes descritores: (i) identificar exemplos de desenvolvimento científico e tecnológico na história da ciência; (ii) inferir os impactes da exploração e da transformação dos recursos naturais; (iii) propor medidas que visem diminuir os impactes da exploração e da transformação dos recursos naturais; (iv) discutir os contributos do desenvolvimento científico e tecnológico para o desenvolvimento sustentável, descritores esses contextualizados nas metas curriculares estabelecidas pelo Ministério da Educação e Ciência (MEC), para este ano de escolaridade. Por isso, a validade do pré e pós-teste deste estudo foi assegurada pela verificação do conteúdo por parte da orientadora científica e da orientadora cooperante desta investigação. A fidelidade assegura, entre outros aspetos, se há consistência do processo de medição e se os dados foram obtidos independentemente do contexto, do instrumento ou do investigador. Desta forma, foram definidos critérios de avaliação e foi realizada uma proposta de correção para cada uma das questões do pré / pós-teste. A proposta de correção e os critérios de avaliação do teste foram utilizados para definir um “padrão correto de resposta”. De seguida, o teste foi respondido pelas duas colegas do núcleo de estágio e por um professor de outra escola, docente do mesmo ano de escolaridade. Por último, as repostas dadas pelos colegas foram comparadas entre si e com a proposta de correção e foram ainda avaliadas através dos critérios definidos previamente. Não havendo discrepâncias acentuadas nas respostas analisadas, foi considerada assegurada a fidelidade do pré / pós teste.

IV.3.2. Análise estatística

A análise dos dados foi realizada com procedimentos estatísticos, ou seja, recorremos a uma técnica quantitativa de análise de dados. Para isso, utilizamos o programa informático SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), versão 22, uma vez que, o mesmo permite realizar cálculos estatísticos complexos, descrever, relacionar e contrastar hipóteses da investigação.

V. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a obtenção dos dados (pré e pós-teste), procedemos à análise estatística, para verificar qual a perceção dos alunos sobre os contributos científico-tecnológicos no desenvolvimento sustentável, antes e após a intervenção educativa da temática, e perceber se a intervenção teve ou não implicações significativas na aprendizagem dos alunos.

V.1. Análise dos resultados do estudo

Primeiramente, os testes (pré e pós-teste) foram corrigidos com base nos critérios e na proposta de correção, previamente realizada, e as cotações obtidas em cada questão foram somadas e apresentadas numa tabela. Em seguida, os dados foram introduzidos no SPSS e determinamos o valor mínimo, valor máximo, a média e o desvio padrão, em cada um dos testes, para uma amostra de 26 alunos, como se pode verificar através da tabela 5.

Tabela 5: Estatísticas descritivas relativas ao pré e pós-teste.

(Extraído de SPSS, versão 22)

	n	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Pré-teste	26	17,50	70,00	52,9	13,93
Pós-teste	26	62,50	100,00	88,0	12,67
n válido (de lista)	26				

Em seguida, os dados foram submetidos ao Teste de Wilcoxon. Este teste não paramétrico, (teste de hipóteses que não requer pressupostos sobre a forma da distribuição subjacente aos dados), é utilizado para comparar amostras emparelhadas a fim de comparar valores que são diferentes para medidas de um indivíduo, antes e depois de um evento. O teste estatístico em questão, baseia-se no cálculo dos valores numéricos da diferença entre cada par, sendo possíveis três condições: aumento (+), diminuição (-) ou igualdade (=). Uma vez calculadas todas as diferenças entre os valores obtidos para cada par de dados, de cada indivíduo, essas diferenças são ordenadas pelo seu valor absoluto (sem considerar o sinal), substituindo-se os valores originais pelo posto que ocupam na escala ordenada (*ranking*). O teste da hipótese de igualdade entre os grupos é baseado na soma dos postos das diferenças negativas e positivas. A ideia é que se existirem apenas diferenças aleatórias entre as notas do pré e do pós-teste (tal como é sugerido pela hipótese H0: (Se) A lecionação da temática segundo uma abordagem CTSA não tem implicações na aprendizagem dos alunos) então haverá aproximadamente o mesmo número de ordens elevadas e de ordens inferiores tanto para as diferenças positivas como negativas. Pelo contrário, se se verificar uma preponderância de baixos resultados para um dos lados, isso significa

a existência de muitos resultados elevados para o outro lado, indicando uma diferença em favor de uma das situações, superior àquilo que seria de esperar se os resultados se devessem ao acaso (facto sugerido pela H1: A lecionação da temática segundo uma abordagem CTSA tem implicações significativas na aprendizagem dos alunos).

O teste de Wilcoxon é muito utilizado em investigação educativa, uma vez que, dá avaliação ao contraste de médias, pois ao invés de considerar apenas o sinal das diferenças entre os pares, considera o valor dessas diferenças. Deste modo, tendo em conta que houve uma subida de média do pré-teste para o pós-teste, verificou-se que a diferença entre as médias era significativa ao obtermos o valor de Z (número de desvios padrão que uma das pontuações concretas da minha distribuição se desvia da média).

Tabela 6: Valor de Z para um nível de significância de $p < 0,001$.
 (Extraído de SPSS, versão 22)

	VAR00002 - VAR00001
Z	-4,458 ^b
Significância Sig. (2 extremidades)	,000

Em suma, pelos valores apresentados na tabela 6, estamos em condições de afirmar que o valor de ($z = -4,458$; $p = 0,000$) é significativo para um nível de significância de 0,99 e intervalo de confiança de 99%. Assim, os resultados obtidos, derivados da nossa metodologia, permitiram aceitar H1: A lecionação da temática segundo uma abordagem CTSA tem implicações significativas na aprendizagem dos alunos, com um intervalo de confiança de 99%.

V.2. Discussão dos resultados do estudo

Pelos valores resultantes da nossa análise estatística, concluímos que a lecionação da temática seguindo a metodologia ABRP, contextualizada numa perspetiva CTSA, promoveu uma subida de média significativa do pré-teste para o pós-teste, revelando que a nossa intervenção causou um efeito positivo nos alunos envolvidos no estudo. Contudo, é de salientar que os nossos resultados não comprovam que a nossa metodologia é a única capaz de uma aprendizagem significativa, pois outro método pode igualmente ter impacto positivo. Pretendemos apenas evidenciar que a nossa intervenção é uma alternativa funcional e que pode ser um bom recurso ao uso tradicional do manual escolar. Assim, por se ter recorrido à lecionação da temática numa perspetiva CTSA, e por terem sido levantadas questões, suscetíveis à participação e argumentação para dar respostas pertinentes, os alunos tornaram-se ativos e responsáveis no seu próprio processo de aprendizagem.

VI. CONCLUSÕES

No sentido de entender qual a percepção dos alunos sobre os contributos científico-tecnológicos no desenvolvimento sustentável, antes e após a lecionação do tema, segundo uma abordagem CTSA, avaliamos os conhecimentos prévios através do teste diagnóstico e os conhecimentos que decorreram da nossa intervenção através do teste de avaliação sumativo, obtendo dados que nos permitiram tirar as nossas conclusões.

VI.1. Conclusões gerais do estudo

Pela análise dos resultados obtidos, concluiu-se que a metodologia de ensino ABRP com um cenário evidente do papel da ciência, tecnologia e da sociedade sobre o ambiente, permitiu um ensino das ciências adequado à realidade, envolvendo os alunos na compreensão do contributo da ciência e da tecnologia na sociedade, privilegiando a formação para a cidadania.

A realidade é que, muitas vezes, lemos e ouvimos falar sobre problemas ambientais, que surgiram pela mão do homem devido a más decisões, ouvimos também falar sobre desenvolvimento sustentável e suas vertentes - economia, sociedade e ambiente, contudo, perceber como os nossos alunos relacionam a sustentabilidade como forma de resolver ou prevenir os problemas ambientais, é um desafio. Assim, a nossa intervenção permitiu que se estabelecesse essa relação, ao envolver um problema ambiental, para que os alunos apresentassem uma solução sustentável. Neste contexto os alunos revelaram como mais pertinente a identificação dos poluentes, os estudos de impacto ambiental (EIA), as tecnologias de descontaminação da água e solo e o desenvolvimento de técnicas de exploração com menos impactes ambientais. A nossa intervenção educativa também permitiu aos alunos compreender que a ciência é dinâmica, social e culturalmente incorporada, que o trabalho dos cientistas resulta de imaginação, criatividade, do raciocínio científico e da subjetividade. Além disso, os alunos exploraram o seu espírito crítico e argumentativo através de uma perspetiva socioconstrutivista, já que o trabalho foi desenvolvido pela cooperação entre elementos do grupo, numa primeira fase, e entre grupos diferentes, no momento de apresentação da proposta de solução, ao problema inicial: De que modo a ciência e a tecnologia contribuem para o desenvolvimento sustentável?

VI.2. Limitações e sugestões para futuras investigações

Pelas características do nosso plano de investigação e do tipo de amostra a que tivemos de recorrer, os nossos resultados não podem ser generalizados. Todavia, os resultados obtidos e as conclusões apresentadas neste relatório podem apresentar interesse didático e servir de base para futuras investigações. Assim, com recurso a uma amostra representativa da população, seria interessante realizar um estudo investigativo, a fim de se perceber a ideia dos alunos sobre o contributo da ciência e da tecnologia no desenvolvimento sustentável, antes e após a realização de um programa de intervenção.

No que se refere à temática da intervenção propriamente dita, seria uma mais-valia realizar uma investigação em que os alunos visitassem locais, onde são visíveis os impactes ambientais decorridos da exploração dos recursos e locais onde estejam a ser colocadas em prática estratégias científico-tecnológicas, promotoras de minimização de impactes ou de recuperação de ambientes contaminados.

VI.3. Contributos do estudo para o desenvolvimento profissional

Um dos objetivos traçados, inicialmente, para este estudo, era inferir o contributo da investigação na potenciação das competências profissionais do docente. Deste modo, é possível afirmar que o estudo teve implicações bastante positivas para a professora-investigadora, na medida em que, proporcionou um conhecimento mais aprofundado sobre os contributos do desenvolvimento científico-tecnológico para o desenvolvimento sustentável, no âmbito da exploração e transformação dos recursos naturais e na diminuição dos impactes decorrentes dessas atividades. Além disso, foi possível aprofundar o conhecimento sobre medidas favoráveis à sustentabilidade dos recursos, e perceber quais são aquelas que já estão implementadas no nosso país e quais são aquelas que se constituem potenciadoras de um desenvolvimento favorável à sociedade, à economia e ao ambiente.

O desenvolvimento de um trabalho investigativo e o contacto direto com a respetiva metodologia, tornou possível o conhecimento mais sólido da mesma, bem como das suas técnicas e instrumentos de recolha de dados, com posterior análise estatística dos mesmos. A elaboração do pré e pós-teste foi uma tarefa que exigiu empenho e concentração para que a validade e fidelidade do instrumento fossem asseguradas.

O facto de se ter criado um cenário problemático, respeitante a uma perspetiva CTSA e a uma metodologia de ensino específica – ABRP, também proporcionou uma experiência de trabalho que exigiu pesquisa, organização e planeamento para que todos os objetivos fossem atingidos.

Em contacto direto com os alunos, foram desenvolvidas e aprofundadas competências importantes para a prática profissional de docência, nomeadamente, na exploração didática do cenário a fim de levar os alunos ao questionamento; na mediação do processo de investigação, para solucionar a problemática apresentada; no esclarecimento de dúvidas; e ainda na potenciação da capacidade de argumentação.

Referências

Abreu, M.; Santos, E.; Anjos, C.; Magalhães, M. & Nabais, C. (2007). *Capacidade de absorção do chumbo por plantas do género Cistus espontâneas em ambientes mineiros*. Retirado de <https://www.repository.utl.pt> a 7 de dezembro de 2015.

Agência Portuguesa do Ambiente. (2015). *Desenvolvimento Sustentável*. Retirado de <http://www.apambiente.pt/> a 2 de dezembro de 2015.

Agência Portuguesa do Ambiente. (2005). *O futuro do nosso clima: o homem e a atmosfera – Guião Explicativo*. Lisboa. IA – Instituto do Ambiente.

Albuquerque, E. (2009). *Aplicação de geotecnologia na gestão ambiental do município de Salinas, Minas Gerais*. (Tese de Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente). Universidade Estadual de Santa Cruz. Bahia. Retirado de <http://www.biblioteca.uesc.br/biblioteca/bdtd/200860172d.pdf> a 13 de janeiro de 2016.

Almeida, A. & Vasconcelos, C. (2012). *Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas no Ensino das Ciências – Propostas de trabalho para Ciências Naturais, Biologia e Geologia*. Porto. Porto Editora.

Ávila, F. (2010). *Visita à Mina do Vale das Gatas. X Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa – Memórias nº15*. Porto. Deolinda Flores e Manuela Marques, Editores.

Bastos, M. & Silva, I. (2006). *Restauração, Reabilitação e Reconversão na recuperação paisagística de minas e pedreiras. VISA - Consultores de Geologia Aplicada e Engenharia do Ambiente, S. A.* Retirado de http://www.visaconsultores.com/pdf/ANIET_2006_MBIS_artigo.pdf a 17 de janeiro de 2016.

Bellinaso, M.; Gaylarde, C. & Manfio, G. (2005). *Biorremediação. Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento n.34 - janeiro/junho 2005*. Retirado de <http://www.ebah.pt/> a 4 de dezembro de 2015.

Bitar, O.; Iyomasa, W. & Cabral, M. (2000). *Geotecnologia: tendências e desafios. São Paulo em Perspetiva. Vol.14, no.3* São Paulo Julho/Set. Retirado de <http://www.scielo.br> a 2 de dezembro de 2015.

Bobos, I.; Ávila, F.; Ferreira da Silva, E. & Durães, N. (2010). *Visita ao Campo Mineiro de Jales. X Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa – Memórias nº15*. Porto. Deolinda Flores e Manuela Marques, Editores.

Boechat, C. (2014). *Biorremediação de solos contaminados por metais pesados em áreas de beneficiamento de minério de ouro*. (Tese de doutoramento). Retirado de <https://www.lume.ufrgs.br> a 5 de dezembro de 2015.

Branchi, A. (1999). *História da Ciência e da Tecnologia III – O Século das Luzes*. Enciclopédia Pedagógica Universal, Vol.22. Florença. DoGi S.p.A.

Canha, P.; Delgado, Z. & Trinca, C. (2014). *À Descoberta da Vida Ciências Naturais 8º Ano*. Lisboa. Texto Editores, Lda.

Carvalho, J. & Dourado, L. (2009). A formulação de questões a partir de cenários problemáticos: um estudo com alunos de Ciências Naturais do 3º Ciclo do Ensino Básico português. *Atas do X Congresso Internacional Galego-Português de Psicopedagogia* (pp. 2615-2628). Braga. Universidade do Minho.

Carvalho, L. (2001). A natureza da Ciência e o ensino das Ciências Naturais: Tendências e perspectivas na formação de professores. *Pro-Posições - vol. 12, N.1 (34)*. Retirado de <http://www.proposicoes.fe.unicamp.br/proposicoes/textos/34-artigos-carvalholm.pdf> a 3 de 16 de novembro de 2015.

Centro Regional de Informação das Nações Unidas. (2015). *Objetivos de desenvolvimento sustentável*. Retirado de <http://www.unric.org/pt/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel> a 2 de março de 2016.

Collini, S. (1999). *História da Ciência e da Tecnologia IV – O Século da Indústria*. Enciclopédia Pedagógica Universal, Vol.23. Florença. DoGi S.p.A.

Costa, C. (2007). Solos e águas contaminadas. *Disciplina de Fundamentos de Geotecnia. Capítulo 8*. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Lisboa. Retirado de <http://www2.dec.fct.unl.pt> a 27 de janeiro de 2016.

Coutinho, C. (2011). *Metodologia de Investigação em Ciências Sociais e Humanas: Teoria e Prática*. Coimbra. Edições Almedina, S.A.

D' Souza, R.; Favas, J.; Paul, M.; Pratas, J. & Varun, M. (2014). *Phytoremediation of soils contaminated with metals and metalloids at mining areas. Potential of native flora. Clays, Clay Minerals and Ceramic Materials Based on Clay Minerals*.

doi: 10.5772 / 57469

Direção Geral da Investigação e da Inovação. (2014). *Investigação e Inovação – Compreender as políticas da União Europeia*.

doi:10.2775/60642

Ecotech Institute, (2014). What's the Triple Bottom Line. Retirado de <http://www.ecotechinstitute.com/ecotech-news/what-s-the-triple-bottom-line> a 8 de dezembro de 2015.

EP Solos e Sedimentos. (2012). Relatório de atividades. Retirado de <http://www.apambiente.pt/> a 23 de fevereiro de 2016.

Explicatorium.(n.d). James Watt. A máquina a vapor de James Watt. Retirado de <http://www.explicatorium.com/James-Watt.php> a 28 de novembro de 2015.

Fraioli, L. (1999). *História da Ciência e da Tecnologia V – O Século da Ciência*. Enciclopédia Pedagógica Universal, Vol.24. Florença. DoGi S.p.A.

Freire, A.; Galvão, C.; Oliveira, T. & Reis, P. (2006). *Avaliação de Competências em Ciências – Sugestões para professores dos Ensinos Básico e Secundário*. Porto. ASA Editores, S.A.

G.E.M.B. (22 de março de 2010). Novos desafios em 2010. Retirado de http://gemb-arhte.blogspot.pt/2010_03_01_archive.html a 20 de dezembro de 2015.

Gonçalves, M. (2000). *Cultura Científica e Participação Pública*. Oeiras. Celta Editora.

Hach. (2015). Medidor multiparamétrico portátil de pH, condutividade, oxigénio dissolvido (DO), ORP e ISE HQ40d. Retirado de <http://es.hach.com/> a 12 de janeiro de 2016.

Lima, N. & Mota, M. (2003). *Biotecnologia. Fundamentos e Aplicações*. Lisboa. Lidel Editora.

Martins, I. (2000). *O Movimento CTS na Península Ibérica*. Aveiro. Universidade de Aveiro Departamento de Didática e Tecnologia Educativa.

Martins, L. (2011). Novos modelos de gestão de recursos geológicos na UE. *Geonovas*, nº23.

Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia (2015). Cidades sustentáveis 2020. Governo de Portugal. Lisboa. Edição de Direção Geral do Território. Retirado de <http://www.dgterritorio.pt> a 2 de março de 2016.

Miranda, F. (2012). A Mudança do Paradigma Económico, a Revolução Industrial e a Positivização do Direito do Trabalho. *Revista Eletrónica Direito, Justiça e Cidadania*, nº 1, Vol.3. Retirado de <http://www.facsao Roque.br/novo/publicacoes/pdf/v3-n1-2012/Fer1.pdf> a 23 de dezembro de 2015.

Novak, J. (1984). *Aprender a Aprender*. Cambridge. Cambridge University Press.

Núcleo de Geologia de Engenharia e Geotecnia Ambiental. (2008). Implementação da metodologia de análise de solos e de resíduos mineiros com analisador portátil de fluorescência de raios-x: validação dos resultados das análises *in situ*. *I&D Geotecnia – Relatório 375 / 2007*. Lisboa. Retirado de http://repositorio.lnec.pt:8080/bitstream/123456789/16306/1/Rel375_07.pdf a 12 de janeiro de 2016.

Paradela, C. (2014). *Projeto Piloto de Compostagem. Acelerada*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto. Retirado de <https://repositorio-aberto.up.pt/> a 12 de janeiro de 2016.

Parreira, P. (2006). Metodologia de EDXRF e aplicações com um sistema portátil. Paraná. Universidade Estadual de Londrina. *LFNATEC. Publicação Técnica do Laboratório de Física Nuclear Aplicada*. ISSN: 2178-4507. Retirado de <http://www.uel.br/grupos/gfna/metodoedxrf.pdf> a 15 de janeiro de 2016.

Parreira, S. (2012). *Perspetiva CTSA (CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE E AMBIENTE). Conceções e práticas de Professores de Ciências da Natureza do 2.º Ciclo do Ensino Básico*. (Dissertação de Mestrado em Ensino das Ciências). Instituto Politécnico de Bragança – Escola Superior de Educação. Bragança. Retirado de https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/7643/1/tese_final_.pdf a 23 de dezembro de 2015.

Pasquale, G. (1999). *História da Ciência e da Tecnologia I – Da Pré-História ao Renascimento*. Enciclopédia Pedagógica Universal, Vol.20. Florença. DoGi S.p.A.

Prasad, V. (2011). *A state-of-the-art report on bioremediation, its applications to contaminated sites in India*. Ministry of environment & forests. Government of India. Retirado de <http://www.moef.nic.in/downloads/public-information/BioremediationBook.pdf> a 24 de novembro de 2015.

Ribeiro, J. (2010). *Levantamento do estado de contaminação de solos e águas superficiais da antiga Mina da Borralha*. (Dissertação de Mestrado em Engenharia de Minas e Geo-Ambiente). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto. Retirado de <https://repositorio-aberto.up.pt> a 12 de janeiro de 2016.

Rodrigues, V. (2009). *Desenvolvimento Sustentável: Uma introdução Crítica*. Parede. Principia.

Rubio, R. (2010). *Tecnologias de descontaminação de solos e águas subterrâneas*. Administração da região hidrográfica do Tejo I.P. Lisboa. FRASA Engenheiros Consultores. Retirado de <http://www.apambiente.pt/> a 12 de janeiro de 2016.

Stefani, M. (1999). *História da Ciência e da Tecnologia II – A Revolução Científica*. Enciclopédia Pedagógica Universal, Vol.21. Florença. DoGi S.p.A.

Takeda, G. (2012). James Watt. Retirado de <http://www.academiadeciencia.org.br/site/2012/08/20/james-watt/> a 20 de dezembro de 2015.

Tavares, S. (2009). *Fitorremediação em solo e água de áreas contaminadas por metais pesados provenientes da disposição de resíduos perigosos*. (Tese de Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. Retirado de <http://www.getres.ufrrj.br/> a 20 de janeiro de 2016.

Tomazello, M. (2009). *O movimento Ciência, Tecnologia, Sociedade – Ambiente na Educação em Ciências*. Programa de Pós-Graduação em Educação. Paraná. Unioeste. Retirado de <http://cac.php.unioeste.br/eventos/ctsa/gts/04.pdf> a 17 de janeiro de 2016.

WCED (1987). *Sustainable Development*. Retirado de www.un-documents.net/our-common-future.pdf a 23 de dezembro de 2015.

Apêndices

APÊNDICE 1: PRÉ-TESTE DA INVESTIGAÇÃO



Teste Diagnóstico

Ciências Naturais – 8º ano

Nome: _____

Data: ____/____/____

1. Lê, atentamente, o seguinte texto e responde às questões.

A Revolução industrial define-se como um conjunto de mudanças que aconteceram na Europa entre o século XVIII e o século XIX. A principal particularidade dessa revolução foi a substituição do trabalho artesanal pelo trabalho industrial, através da utilização das máquinas. O desenvolvimento da máquina a vapor contribuiu, intrinsecamente, para a expansão da indústria moderna e, consequentemente, toda a estrutura económica e social sofreu profundas alterações. As condições de vida das pessoas começaram a melhorar, a par do avanço científico-tecnológico da época.

1.1 De que forma a ciência e a tecnologia se relacionam com a sociedade? Justifica a tua resposta com um exemplo atual.

1.2 Classifica as seguintes afirmações como verdadeiras (V) ou falsas (F).

- a) A ciência é objetiva e imutável, isto é, não se altera. ____
- b) Para fazer ciência é necessária criatividade e imaginação. ____
- c) A sociedade e a cultura influenciam e são influenciadas pela ciência. ____
- d) Para se desenvolver ciência é necessária a tecnologia mas para se desenvolver tecnologia não é necessária a ciência. ____

APÊNDICE 1: PRÉ-TESTE DA INVESTIGAÇÃO

Teste Diagnóstico

Ciências Naturais – 8º ano

Nome: _____

Data: ____/____/____



2. Observa, atentamente, as seguintes imagens e responde às questões.



Figura 1: Ribeira de São Domingos. Mina de São Domingos. Mértola. 2014.
(Extraído de

http://cidadeinfinita.blogspot.pt/2014_05_01_archive.html)



Figura 2: Edifícios em ruínas. Mina de São Domingos. Mértola. 2010.
(Extraído de

<https://portugalprofundo.wordpress.com/2010/08/02/minas-de-sao-domingos/>)



Figura 3: Solo desprovido de vegetação e desnivelado. Mina de São Domingos. Mértola. 2010.

(Extraído de
http://cidadeinfinita.blogspot.pt/2014_05_01_archive.html)

2.1 Refere, justificando com base nas imagens, de que modo a ciência e a tecnologia poderão resolver questões de recuperação ambiental.

APÊNDICE 1: PRÉ-TESTE DA INVESTIGAÇÃO

Teste Diagnóstico

Ciências Naturais – 8º ano

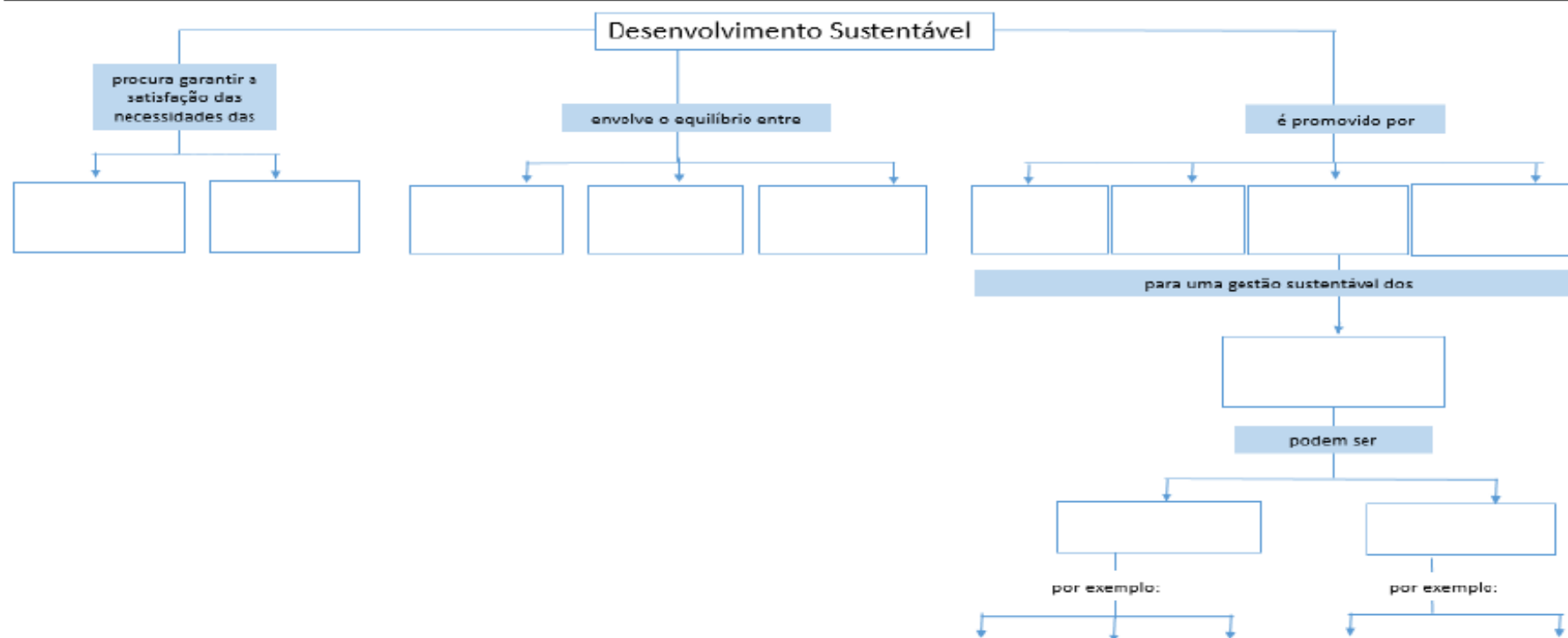
Nome: _____

Data: ____/____/____



2.2 Preenche o seguinte mapa de conceitos, utilizando os termos da seguinte lista.

Ciência; Tecnologia; Recursos naturais; Ambiente; Sociedade; Economia; Renováveis; Não renováveis; gerações atuais; Climáticos; Hidrológicos; gerações futuras; Biológicos; Pedológicos; Geológicos; Educação Ambiental; Planos e programas governamentais.



APÊNDICE 1: PRÉ-TESTE DA INVESTIGAÇÃO

Teste Diagnóstico

Ciências Naturais – 8º ano

Nome: _____

Data: ____/____/____



3. Cerca de metade da humanidade vive hoje nas cidades e, de acordo com as estimativas, esse número deverá subir. A exploração elevada dos recursos naturais e o aumento da população que vive nas cidades, acarreta novos e complexos desafios. São inúmeros os problemas com que as áreas urbanas se deparam como, por exemplo, a desigualdade social, a poluição do ar e das águas.

No espaço que se segue, desenha uma cidade sustentável e identifica as tuas representações através de legendas.

APÊNDICE 2: PÓS-TESTE DA INVESTIGAÇÃO

Teste de avaliação sumativo

Ciências Naturais – 8º ano

Nome: _____

Data: ____/____/____



1. Lê, atentamente, o seguinte texto e responde às questões.

A Revolução industrial define-se como um conjunto de mudanças que aconteceram na Europa entre o século XVIII e o século XIX. A principal particularidade dessa revolução foi a substituição do trabalho artesanal pelo trabalho industrial, através da utilização das máquinas. O desenvolvimento da máquina a vapor contribuiu, intrinsecamente, para a expansão da indústria moderna e, consequentemente, toda a estrutura económica e social sofreu profundas alterações. As condições de vida das pessoas começaram a melhorar, a par do avanço científico-tecnológico da época.

1.1 De que forma a ciência e a tecnologia se relacionam com a sociedade? Justifica a tua resposta com um exemplo atual.

1.2 Classifica as seguintes afirmações como verdadeiras (V) ou falsas (F).

- a) A ciência é objetiva e imutável, isto é, não se altera. ____
- b) Para fazer ciência é necessária criatividade e imaginação. ____
- c) A sociedade e a cultura influenciam e são influenciadas pela ciência. ____
- d) Para se desenvolver ciência é necessária a tecnologia mas para se desenvolver tecnologia não é necessária a ciência. ____

APÊNDICE 2: PÓS-TESTE DA INVESTIGAÇÃO

Teste de avaliação sumativo

Ciências Naturais – 8º ano

Nome: _____

Data: ____/____/____



2. Observa, atentamente, as seguintes imagens e responde às questões.



Figura 1: Ribeira de São Domingos. Mina de São Domingos. Mértola. 2014.

(Extraído de

http://cidadeinfinita.blogspot.pt/2014_05_01_archive.html)



Figura 2: Edifícios em ruínas. Mina de São Domingos. Mértola. 2010.

(Extraído de

<https://portugalprofundo.wordpress.com/2010/08/02/minas-de-sao-domingos/>)



Figura 3: Solo desprovido de vegetação e desnivelado. Mina de São Domingos. Mértola. 2010.

(Extraído de

http://cidadeinfinita.blogspot.pt/2014_05_01_archive.html)

2.1 Refere, justificando com base nas imagens, de que modo a ciência e a tecnologia poderão resolver questões de recuperação ambiental.

APÊNDICE 2: PÓS-TESTE DA INVESTIGAÇÃO

Teste de avaliação sumativo

Ciências Naturais – 8º ano

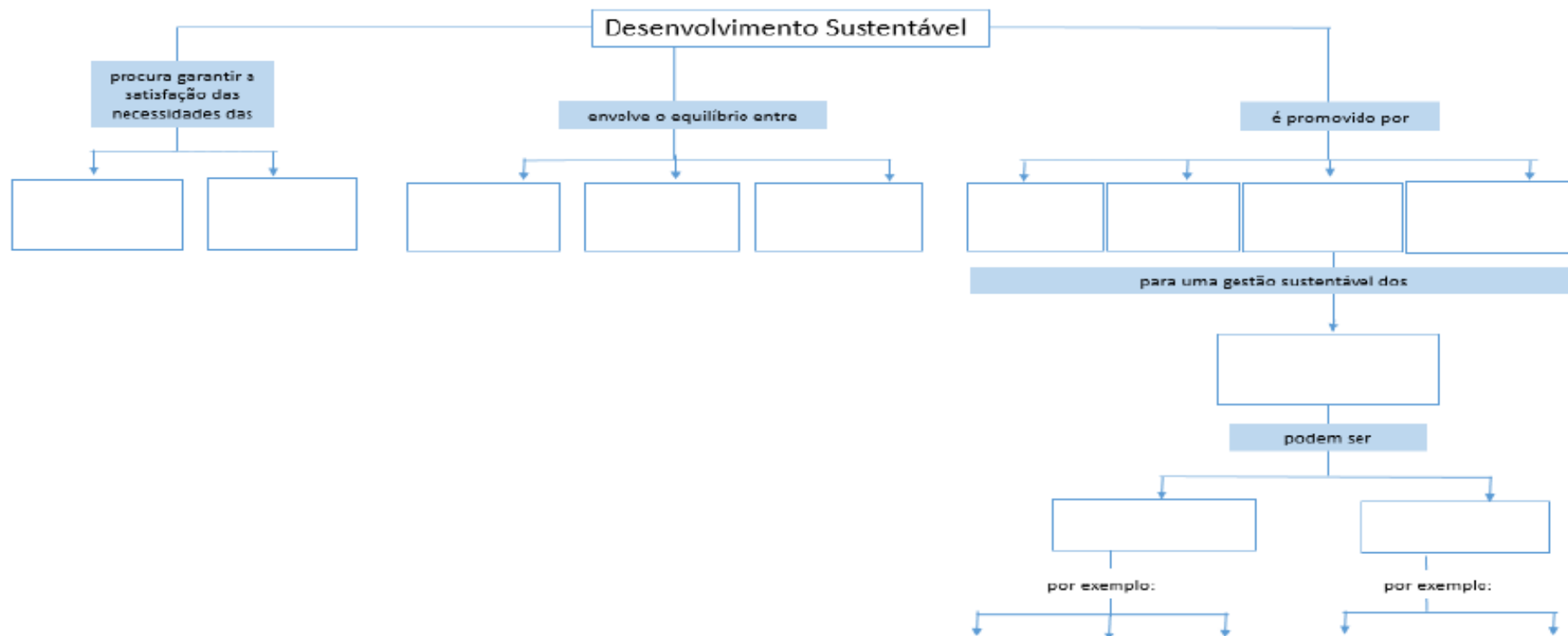
Nome: _____

Data: ____/____/____



2.2 Preenche o seguinte mapa de conceitos, utilizando os termos da seguinte lista.

Ciência; Tecnologia; Recursos naturais; Ambiente; Sociedade; Economia; Renováveis; Não renováveis; gerações atuais; Climáticos; Hidrológicos; gerações futuras; Biológicos; Pedológicos; Geológicos; Educação Ambiental; Planos e programas governamentais.



APÊNDICE 2: PÓS-TESTE DA INVESTIGAÇÃO

Teste de avaliação sumativo

Ciências Naturais – 8º ano

Nome: _____

Data: ____/____/____



3. Cerca de metade da humanidade vive hoje nas cidades e, de acordo com as estimativas, esse número deverá subir. A exploração elevada dos recursos naturais e o aumento da população que vive nas cidades, acarreta novos e complexos desafios. São inúmeros os problemas com que as áreas urbanas se deparam como, por exemplo, a desigualdade social, a poluição do ar e das águas.

No espaço que se segue, desenha uma cidade sustentável e identifica as tuas representações através de legendas.

Cotações				
1.1	1.2	2.1	2.2	3
25	10	25	20	20